

**Impacto ambiental generado por explotación de arena silíceas en la mina San Pedro,  
ubicada en el Municipio de Tocancipá, Cundinamarca.**

Proyecto aplicado

Presentado por:

**Ing. José Fabián Max Uribe**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA (UNAD)**

**Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios (ECACEN)**

**Especialización en Gestión de Proyectos**

Asesor:

**Ing. Marelbis Xiomara Arregoces Vanegas**

**2020**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto aplicado en primer lugar a DIOS, quien a través de su soberanía eterna dirige los pasos de los suyos, resguardando el camino que han de recorrer hasta el final de sus días terrenales, Gloria a él por siempre, Gloria a su Amor indescriptible que nos permite el conocimiento en todas las áreas.

A mi Esposa Greissy quien de manera impecable ha tomado mi lugar innumerables veces, permitiéndome el tiempo para desarrollar con entereza este proyecto; A mis hijos David y Lucia quienes inspiran todos los días mis ganas de aprender, de enseñar y de esforzarme por su porvenir, son ellos un pilar enorme en la consecución de este proyecto aplicado de especialización; A mis padres José y Lilian, mis hermanas Angi, Karen, Sofía y Sara, sean todos Bienaventurados que valiosos e inspiradores han sido para mí en este tiempo.

A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, por haberme permitido ser parte y formarme con calidad en esta especialización, a los diferentes docentes, directivos, compañeros de clase y equipo de trabajo de la sede UNAD ZIPAQUIRÁ, quienes siempre estuvieron prestos a subsanar cualquier inquietud o trámite de mi parte en el avance del proyecto.

Mis sinceros agradecimientos a la ingeniera Xiomara Arregoces, asesora de este proyecto aplicado, quien de manera amable y profesional permitió observaciones objetivas y oportunas que ayudaron a darle forma al proyecto, por permitirme recurrir a su experiencia y capacidad mil gracias.

Finalmente, agradecimientos a los propietarios de la mina San Pedro, ubicada en el Municipio de Tocancipá, quienes con formalidad me permitieron acceso a la información y el registro detallado de sus instalaciones, gracias por su disposición y formalidad.

## Tabla de Contenido

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
<b>Resumen</b> .....	8
<b>Absract</b> .....	9
1. INTRODUCCIÓN .....	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
3. JUSTIFICACIÓN .....	14
4. OBJETIVOS .....	15
4.1. Objetivo General.....	15
4.2. Objetivos Específicos.....	15
5. MARCO REFERENCIAL.....	16
5.1. Antecedentes .....	16
5.2. Marco teórico .....	26
5.2.1. Impacto Ambiental.....	26
5.2.2. Gestión Ambiental y Sistemas de Gestión Ambiental.....	27
5.2.3. Evaluación ambiental.....	31
5.2.4. Estudio de Impacto Ambiental.....	32
5.2.5. Minería superficial .....	33
5.3. Marco legal .....	35
5.4. Marco espacial .....	39
5.4.1. Ubicación del área de estudio .....	39
5.4.2. Características de la explotación.....	40
6. METODOLOGÍA.....	42
6.1. Tipo de estudio .....	42
6.2. Tipo de enfoque.....	42
6.3. Unidad de análisis .....	42
6.4. Categoría de análisis.....	42
6.5. Actividades.....	43
6.6. Plan de Trabajo.....	44

7. RESULTADOS.....	45
7.1. Descripción y caracterización ambiental del área de explotación.....	45
7.1.1. Aspectos del medio abiótico .....	46
7.1.2. Aspectos del medio biótico .....	47
7.1.3. Zonificación ambiental según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT).....	48
7.2. Identificación y descripción de las actividades de la mina San Pedro susceptibles de afectar el ambiente .....	49
7.2.1. Desmonte .....	49
7.2.2. Descapote .....	49
7.2.3. Terraceado inicial.....	50
7.2.4. Construcción de vías .....	51
7.2.5. Arranque y carga.....	51
7.2.6. Proceso de Zarandeo .....	54
7.2.7. Transporte interno y externo .....	55
7.2.8. Acopio de mineral y estéril .....	55
7.2.9. Beneficio y transformación .....	56
7.2.10. Reforestación .....	57
7.3. Delimitación del área de influencia de la explotación .....	58
7.3.1. Área de influencia indirecta .....	58
7.3.2. Área de influencia directa .....	59
7.4. Identificación de impactos ambientales .....	61
7.5. Evaluación de impactos ambientales.....	65
7.6. Análisis de la matriz de evaluación de impactos ambientales .....	75
Desmonte: .....	75
Descapote: .....	75
Construcción de vías: .....	76
Terraceado Inicial: .....	77
Arranque y carga: .....	77
Zarandeo: .....	78
Transporte interno: .....	78
Transporte externo: .....	78
Acopio de mineral y estéril: .....	79
Beneficio y transformación: .....	79
Reforestación: .....	79

7.7. Medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales .....	80
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>92</b>
9. RECOMENDACIONES.....	95
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>96</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1. Cuadro de instrumentos de la gestión ambiental .....	29
Tabla 2. Fases metodológicas y actividades. ....	43
Tabla 3. Diagrama de Gantt mostrando la planificación de las actividades. ....	44
Tabla 4. Zonificación ambiental del área de influencia indirecta. ....	58
Tabla 5. Zonificación ambiental del área de influencia directa. ....	60
Tabla 6. Lista de Chequeo para la identificación de impactos generados por la explotación de arena silícea en la Mina San Pedro. ....	63
Tabla 7. Matriz de Importancia del Método Conesa para la evaluación de impactos del proyecto. ....	70
Tabla 8. Medidas de prevención, control y mitigación de impactos. ....	83

## Índice de Figuras

Figura 1. Cambio de la calidad ambiental debido a un proyecto.....	27
Figura 2. Mapa de ubicación de los bloques de explotación de la Mina San Pedro.....	40
Figura 3. Sistema de explotación utilizado en la Mina San Pedro.....	41
Figura 4. Terraceado inicial.....	50
Figura 5. Vías de acceso a los bloques de explotación.....	51
Figura 6. Perforación neumática para colocar el explosivo.....	52
Figura 7. Disposición del explosivo en polvo.....	52
Figura 8. Detonación y voladura.....	53
Figura 9. Proceso de extracción mecánica.....	53
Figura 10. Proceso de carga del material a los camiones de transporte.....	54
Figura 11. Proceso de zarandeo.....	54
Figura 12. Acopio del material.....	56
Figura 13. Trituración.....	57
Figura 14. Zarandeo final.....	57
Figura 15. Reforestación de zonas intervenidas.....	58



## RESUMEN

La demanda de arena silíceo ordinaria como elemento fundamental en los procesos constructivos de la región, continúa en aumento en el municipio de Tocancipá Cundinamarca, capital industrial del norte de la sabana y referente de crecimiento poblacional, lo que ha dado lugar a una creciente intervención de las formaciones montañosas que atraviesan el municipio, desencadenando un impacto ambiental importante en los ecosistemas, suelos, agua, aire, flora y fauna. En este contexto, se plantea realizar un estudio para analizar la afectación ambiental derivada de la explotación de arena silíceo en la mina San Pedro del municipio de Tocancipá, la cual es la más grande del municipio y según reportes de inspecciones recientes, realizadas por organismos como la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, no está cumpliendo con el Plan de Manejo Ambiental, afectando al medio físico circundante, por lo que surge la necesidad y pertinencia de identificar las actividades causantes de impactos ambientales y diagnosticar los tipos de afectación ambiental producto de la explotación en la mina y sus alrededores con la finalidad de evaluarlos, generando información que permita proponer medidas para prevenir, mitigar y/o corregir dichos efectos, promoviendo el aprovechamiento sustentable y sostenible del recurso.

**Palabras clave:** arena silíceo, afectación ambiental, impacto ambiental, mina San Pedro, Tocancipá.

## ABSTRACT

The demand for ordinary silica sand as a fundamental element in the region's construction processes continues to increase in the municipality of Tocancipá Cundinamarca, the industrial capital of the northern savannah and a reference point for population growth. This has led to increasing intervention in the mountain formations that cross the municipality, triggering a major environmental impact on ecosystems, soils, water, air, flora and fauna. In this context, it is proposed to carry out a study to determine the environmental impact derived from the exploitation of silica sand in the San Pedro mine in the municipality of Tocancipá, which is the largest in the municipality and according to recent inspection reports, carried out by organizations such as the Regional Autonomous Corporation of Cundinamarca, it is not complying with the Environmental Management Plan, affecting the surrounding physical environment, Therefore, it is necessary and pertinent to identify the activities that cause environmental impacts and to diagnose the types of environmental effects resulting from the exploitation of the mine and its surroundings in order to evaluate them, generating information that allows proposing measures to prevent, mitigate and/or correct such effects, promoting the sustainable use of the resource.

**Keywords:** silica sand, environmental impact, environmental impact, San Pedro mine, Tocancipá.

## 1. INTRODUCCIÓN

La arena silíceas es una de las principales materias primas utilizadas para la preparación de agregados que se utilizan en la construcción, siendo esta un componente determinante en la calidad del hormigón que se prepara. También es utilizada en la fabricación de vidrio, materiales refractarios, productos químicos y en la industria siderúrgica.

Según el Balance Nacional Minero 2012-2016, realizado por la Unidad de Planeación Minero Energética [UPME] del Ministerio de Minas y Energía, Santander y Cundinamarca son los departamentos con mayor porcentaje de títulos mineros para explotación de arena silíceas, con un 24% de estos. El municipio de Tocancipá ubicado en la Provincia de Sabana Centro, se caracteriza por albergar grandes extensiones en las que se desarrolla la actividad minera, destacando la explotación de arena silíceas en la mina San Pedro ubicada en Tocancipá, por ser la de mayor área y por ende una de las de mayor impacto en el medio.

En dicha concesión existe evidencia de diferentes tipos de afectación a los ecosistemas, agua, aire, suelos, fauna y flora (según Diagnóstico Minero en Cundinamarca realizado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR], 2018) y antecedentes de que la empresa estaba realizando labores de explotación fuera del área otorgada en el Plan de Manejo Ambiental (Resolución 1322 de 2010), en un informe realizado por la CAR en 2017. Además en la zona identificada como Bloque 3, se evidenciaron condiciones avanzadas de erosión hídrica y eólica debido a la ausencia de obras para el manejo de aguas pluviales, aunado a la falta de cobertura vegetal, lo que facilita la producción de emisiones de material meteorizado, así como arrastre de sedimentos a la quebrada Peñas Blancas por acción de la escorrentía superficial (Informe Técnico DESCA N° 1246 del 24 de octubre de 2017).

Con base en lo anterior, el presente estudio busca analizar la afectación ambiental causada por explotación de arena silíceas en la mina San Pedro, a través de la identificación de las actividades

de explotación que pueden causarla, lo cual permitirá diagnosticar los posibles impactos producto de la explotación de arena silícea en la mina y sus alrededores, para finalmente, proponer medidas que permitan prevenir, mitigar y/o corregir los efectos ambientales de dichas actividades.

La investigación se encuentra enmarcada en un estudio de tipo descriptivo y analítico, ya que busca caracterizar los impactos ambientales generados por las actividades de la Mina San Pedro y sus efectos ambientales, por medios de la observación en campo. Así mismo, el estudio es de tipo documental (revisión de antecedentes y documentación de la mina) y de campo (observación directa), con un enfoque cualitativo reflejado en las descripciones del diagnóstico de campo realizado en los bloques de explotación de la mina San Pedro, con la finalidad de obtener indicios de los impactos ambientales generados por la extracción de arena.

En este orden de ideas se aplica una metodología para identificar los impactos ambientales y evaluarlos cualitativamente, obteniendo el efecto de cada impacto, siendo la base para realizar una propuesta de medidas que conduzcan a prevenirlos y minimizarlos, cumpliendo con la normativa legal vigente en materia minera y buscando el aprovechamiento sustentable del recurso en el tiempo.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Debido a las características geológicas y geomorfológicas que presenta el Municipio de Tocancipá, se ha desarrollado una importante actividad de minería a cielo abierto, extrayéndose principalmente materiales utilizados como materia prima para la construcción, entre los que destacan arena silícea y arcillas. La intervención de las zonas boscosas que comenzó hace décadas con la minería artesanal, a través de canteras, se intensificó con la apertura de grandes minas a cielo abierto por parte de numerosas empresas concesionarias. Estas actividades

generaron preocupación en los habitantes de las zonas aledañas, principalmente por los efectos que traen sobre la reserva Forestal Protectora de la Cuenca Alta del río Bogotá, por lo que los organismos ambientales han realizado redelimitaciones del polígono minero enmarcado por la resolución 222 de 1994, siendo la más reciente la resolución 2001 del 2016, quedando excluidos algunos títulos mineros otorgados con anterioridad que pasaron a ser zonas de Plan de Manejo, Recuperación y Restauración Ambiental (PMRRA).

En el municipio Tocancipá, específicamente en la vereda La Esmeralda, se encuentra la explotación de arenas silíceas conocida como “Mina San Pedro” del titular “Sucesores Pedro Pablo Rozo Guaqueta e Hijos CIA Ltda”, compuesta (según Plan de Manejo Ambiental [PMA] de la empresa) por 5 bloques, de los cuales solo 2 se encuentran actualmente en explotación, bloque 1 (4,8 ha) y bloque 2 (15,4 ha). Según el Diagnóstico Minero realizado en 2018 por la contraloría de Cundinamarca, en la mina San Pedro, existen diferentes tipos de afectación a los ecosistemas, agua, aire, suelos, fauna y flora, producto de la explotación de la arena silícea. Según una visita técnica realizada por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR] en agosto de 2017, se determinó que la empresa estaba realizando labores de explotación fuera del área otorgada en el PMA (Resolución 1322 de 2010), además en la zona identificada como Bloque 3, se evidenciaron condiciones avanzadas de erosión hídrica y eólica debido a la ausencia de obras para el manejo de aguas pluviales, aunado a la falta de cobertura vegetal, lo que facilita la producción de emisiones de material meteorizado, así como arrastre de sedimentos a la quebrada Peñas Blancas por acción de la escorrentía superficial (Informe Técnico DESCA N° 1246 del 24 de octubre de 2017). En vista de estos resultados, la CAR impuso una medida preventiva de suspensión de actividades a la empresa fuera del área otorgada por el PMA.

Según todo lo anteriormente expuesto, se pone en evidencia la existencia de la actual afectación ambiental producto de la extracción de la mina San Pedro, siendo una de las causas principales la ausencia de estudios que evalúen los impactos potenciales de cada una de las actividades, para de esta manera poder plantear posibles medidas de prevención, mitigación y recuperación ambiental que sean cónsonas con el PMA y con la legislación ambiental vigente en el país. En tal sentido surge la interrogante de la investigación:

¿Cuál es el grado de afectación ambiental ocasionado por la explotación de arena silíceas en la mina San Pedro?

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La minería es una de las actividades que genera mayor impacto ambiental, ya que afecta prácticamente a todos los medios (agua, suelos, aire) generando importantes desequilibrios en los ecosistemas. Si dichos impactos no son controlados, pueden ocasionar daños irreversibles como la pérdida de flora y fauna, degradación excesiva de los cuerpos de agua, movimientos de masas por la meteorización y erosión intensiva de los suelos, contaminación del aire por la emisión de partículas, entre otros. Efectos que se encadenan y tarde o temprano terminan trayendo consecuencias graves sobre las poblaciones que se encuentran asentadas en las inmediaciones de las explotaciones mineras.

Es por esto que surge la necesidad de analizar los impactos potenciales que cada actividad que conforma un aprovechamiento minero, puede traer sobre el ambiente, con la finalidad de estudiar las medidas que puedan prevenir, mitigar o corregir los daños, todo bajo un marco legal ambiental y un control conjunto entre los organismos rectores en la materia y la empresa. El Municipio Tocancipá se ha consolidado en las últimas décadas como uno de los principales productores de materiales de construcción en la región, generando importantes volúmenes de

materia prima y fuentes de empleo, sin embargo los efectos de la actividad minera han generado degradación de bosques, suelos y cuerpos de agua, por lo que a la par del desarrollo minero hay una imperiosa necesidad de hacer cumplir la normativa ambiental vigente a través de los planes de manejo y recuperación ambiental con la finalidad de que el aprovechamiento sea sustentable y sostenible.

Teniendo en cuenta lo anterior, esta investigación busca estudiar el grado de afectación ambiental ocasionada con las actividades de extracción de arena en la Mina San Pedro, la cual es la más extensa del municipio, con el objetivo de plantear posibles medidas que disminuyan dichos efectos, siendo relevante para la empresa y para el entorno, ya que con ello se busca lograr el aprovechamiento sustentable del recurso, siendo este uno de los desafíos más importantes en medio de la actual crisis medioambiental mundial. Además la investigación va a contribuir a enriquecer el conocimiento en la línea de investigación “Desarrollo económico sostenible y sustentable” específicamente en lo que compete al desarrollo sostenible en gestión de proyectos, con la intención de que los resultados de la misma sean extensivos y aplicables a otras minas ubicadas en la sabana de Bogotá.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo General**

Analizar la afectación ambiental causada por explotación de arena silíceo en la mina San Pedro, ubicada en el Municipio de Tocancipá, Departamento de Cundinamarca.

### **4.2. Objetivos Específicos**

- Identificar las actividades de explotación que pueden causar afectación ambiental.

- Diagnosticar los posibles tipos de afectación ambiental producto de la explotación de arena silíceo en la mina y sus alrededores.
- Proponer medidas que permitan prevenir, mitigar y/o corregir los efectos ambientales de las actividades de la mina.

## 5. MARCO REFERENCIAL

### 5.1. Antecedentes

Para el desarrollo de la presente investigación es de suma importancia realizar una revisión del estado del arte del tema, buscando sustento en antecedentes de estudios previos relacionados con la problemática en cuestión. En tal sentido, a continuación se realiza una síntesis de investigaciones que guardan relación con el impacto ambiental en la minería para la extracción de materia prima para la construcción.

En cuanto a investigaciones internacionales, resaltan los siguientes estudios:

**Montes de Oca et al. (2018)** realizaron el **diagnóstico ambiental de la cantera Yarayabo, Provincia de Santiago de Cuba**, en Cuba, la cual consta de 8 yacimientos donde se explotan recursos para la producción de materiales de construcción, provocándose un fuerte impacto ambiental en un área degradada de 200 hectáreas. En tal sentido se realizó una evaluación del impacto ambiental con el fin de proponer medidas preventivas y correctoras para minimizar los impactos. La metodología aplicada consistió en la caracterización del medio físico del área de estudio, donde se analizaron las características naturales de la zona afectada y las actividades de la mina con la finalidad de identificar los impactos potenciales. Como resultados se clasificaron los impactos según el medio afectado (atmósfera, hidrografía, suelo, paisaje y morfología, flora, fauna, población y sociales y culturales) y se evaluaron teniendo en cuenta los indicadores



propuestos por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (1999), construyéndose la matriz de evaluación de impactos. Los autores concluyen que los impactos más significativos ocurren en la etapa de desbroce y la extracción; los componentes del medio más afectados son: el suelo, el paisaje, la flora y la fauna. Para cada una de las componentes impactadas se propusieron medidas para mitigar sus afectaciones y lograr así una minería responsable.

**Nemesis Asesores Ambientales S. C. (2002)** realizaron un estudio de impacto ambiental de la extracción de arena sílice en la mina a cielo abierto en el predio “Las Adelitas”, localidad Cruz Colorada, Municipio de Chignahuapan, Puebla, en México. Para ello realizaron la caracterización ambiental detallada y el diagnóstico ambiental de la zona, posteriormente identificaron los impactos potenciales de cada actividad y el grado de afectación del medio. La metodología estuvo compuesta por cuatro etapas:

1. La identificación de los elementos del ambiente susceptibles a ser afectados, entendiéndose como las características físicas, biológicas, sociales, económicas, culturales, etc.
2. La identificación de los impactos susceptibles de ocurrir en cada uno de los factores identificados.
3. La evaluación de cada uno de los impactos identificados.
4. La determinación de las acciones y medidas para la prevención y mitigación de estos impactos.

Las herramientas metodológicas utilizadas tanto en la identificación como en la evaluación fueron:

- Cuadro de actividades que se desarrollaran en el proyecto.
- Lista de factores potencialmente receptores de impactos.

- Matriz de Leopold, considerada la más precisa para la evaluación del proyecto.

Así mismo se definieron una serie de indicadores de impacto para cada componente medioambiental facilitando la evaluación. Las medidas ambientales propuestas se plantearon como programas a saber: Programa de Educación Ambiental, Programa de Conservación de Suelos, Programa de Prevención y Control de Incendios Forestales, Programa de Reforestación, Programa de Rescate de Fauna, Programa de protección de corrientes de aguas superficiales intermitentes y Programa de manejo de residuos. Concluyen que las actividades del proyecto tendrán un impacto ambiental puesto que se extraerá sílice el cual es un material no riesgoso y no se harán procesos de modificación del predio ya que solo se extraerá material, aun así los impactos serán prevenidos y controlados a través de las medidas planteadas en los programas antes mencionados, cumpliendo con los requerimientos legales y orientados al desarrollo sustentable de los recursos de la zona.

Dentro de los estudios nacionales respecto al tema de investigación, resaltan los siguientes: **Pérez y Sabogal (2015)** realizaron un estudio denominado “Formulación de Estrategias de Manejo Ambiental para los impactos ambientales generados por procesos de minería a cielo abierto en el humedal Laguna de la Herrera, ubicado entre los municipios de Mosquera y Bojaca. El estudio se desarrolló en tres fases: en la primera se diagnosticaron las actividades mineras desarrolladas en el área de influencia de la laguna para determinar zonas críticas; esto se logró a través de la revisión de antecedentes de estudios previos realizados en la zona, visitas de campo a las empresas mineras y la aplicación de una entrevista con el fin de identificar los impactos generados por la explotación minera. En la segunda fase se evaluaron los impactos ambientales causados en los procesos mineros, estableciendo las variables ambientales afectadas mediante el Manual de Evaluación de Impacto Ambiental de Jorge Arboleda, y en la fase final se propusieron

medidas para el manejo de dichos impactos e indicadores de seguimiento y monitoreo, esto se estableció a través de fichas de manejo ambiental existentes realizadas en diferentes proyectos mineros del país y adaptables a las actividades mineras desarrolladas cerca del humedal, en donde se describen las acciones a desarrollar para la implementación y manejo del área de influencia de La Herrera. Dentro de las conclusiones más relevantes del estudio se encuentran que las actividades de mayor impacto son la adecuación de vías, la remoción de cobertura vegetal, la excavación y movimiento de tierras, la extracción, el cargue y transporte de material, así mismo concluyen que los actuales planes y programas establecidos por las industrias mineras legalmente constituidas en el área de influencia carecen de alcance que involucre actividades de preservación o minimización de impactos generados sobre el humedal.

**Arenas Silíceas de Boyacá Ltda. (2011)** realizó un estudio de impacto ambiental de la explotación de sílice en la mina Cayarú, ubicada en el Municipio de Togui, con el fin de armonizar las actividades de explotación con el medio ambiente circundante al proyecto y al área que será directamente intervenida incluyendo todas y cada una de los trabajos que allí se realicen, antes y durante de empezar los trabajos de explotación. Para la realización del estudio se realizaron visitas de carácter técnico y social, con el fin de levantar información para la elaboración del estudio de impacto ambiental, para la información secundaria y planos se utilizó el Plan de Trabajos y Obras aprobado por el Ministerio de Minas y Energía. La metodología consistió en la realización de los estudios de línea base para caracterizar el medio físico-natural, cálculo de reservas minerales, delimitación de las zonas de explotación, localización de obras e instalaciones, descripción de las actividades de extracción, descripción de residuos generados y todo lo inherente a las actividades que desarrolla la mina. La metodología para el desarrollo de la evaluación ambiental, consistió en:

- Identificación de aquellos elementos, cualidades y procesos que hacen parte del medio y que pueden ser modificados.
- La evaluación sin proyecto toma la definición ambiental del estado inicial del área de estudio y se confronta con las actividades que se están llevando a cabo propias de la región, lo que permite realizar una descripción y tendencia de los impactos que se generan a causa de la dinámica del área de estudio.
- La evaluación con proyecto utiliza una matriz simple que consiste en relacionar, por un lado, las acciones del proyecto que pueden causar alteraciones y, por otro, los componentes y elementos del medio abiótico, paisaje, biótico, socioeconómico y cultural que pueden ser afectados y/o alterados. Para ello, por cada casilla de cruce en la matriz de impactos se identifica el posible efecto, la acción que lo produce, se califica de acuerdo con rangos definidos por la particularidad del proyecto y se complementa mediante un análisis de riesgo utilizando la Metodología RAM de ECOPETROL S.A.

Basados en la evaluación realizada se formuló un Plan de Manejo Ambiental, compuesto por 25 fichas, encaminadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos generados por la explotación de la mina Cayarú; mediante la implementación de las medidas que se describen en las fichas, se garantiza hacia el futuro una actitud sinérgica entre el entorno socio-ambiental y biofísico en el área de influencia directa del proyecto.

A nivel local, en el departamento de Cundinamarca, destacan los siguientes estudios:

**La Contraloría de Cundinamarca (2018)** realizó un diagnóstico de las actividades mineras del departamento de Cundinamarca, en donde sintetiza la distribución total de la minería en dicho municipio e identifica de manera general los impactos ambientales de las principales concesiones

mineras de cada municipio. En el caso particular del Municipio Tocancipá, identifica los impactos de las explotaciones mineras: Mastercat Ltda., Oscar Mauricio Orjuela y Sucesores Pedro Pablo Rozo Guáqueta e hijos y CIA Ltda. (Mina San Pedro). Dentro de las afectaciones menciona: ecosistemas, aire y suelos (Cerros orientales del municipio Tocancipá), recurso agua (Quebradas La Esmeralda, Los Manzanos y El Zanjón) y afectación de distintas especies de flora y fauna. Así mismo menciona impactos por contaminación auditiva y atmosférica a instituciones educativas de la vereda Canavita, además de daños a infraestructuras (viviendas) ubicadas en el área de influencia directa de los títulos mineros, generado por la vibración de la maquinaria en operación y la vibración que se genera en el tránsito de las volquetas a menos de 10 metros de las viviendas. Además según el diagnóstico, la infraestructura de las vías principales de la vereda, se encuentran afectadas por falta de mantenimiento, provocando una disminución en las actividades turísticas del Bosque Alto Andino, y existe una afectación de terrenos aptos para la actividad agrícola y pecuaria, ya que en temporada de lluvia los sedimentos de arena se acumulan en la superficie de los terrenos por agentes como escorrentía viento y erosión de la zona donde se realiza la actividad minera.

**Pomar y Solano (2016)** realizó un análisis multitemporal y multiespectral para la elaboración del mapa de conflicto de uso del suelo por actividades mineras en la vereda Canavita del municipio de Tocancipá, con el objetivo de procesar una comparación con la base cartográfica actual del Plan de Ordenamiento Territorial [POT] del municipio y elaborar una propuesta de seguimiento al conflicto. Para ello los autores identificaron las zonas de extracción minera de la vereda Canavita, por medio de un análisis multitemporal utilizando sensores remotos en un periodo de 15 años, posteriormente se establecieron los conflictos de uso del suelo por medio de un mapa y la comparación con el POT actual y finalmente se elaboró una propuesta de

seguimiento y control del POT basado en la herramienta de análisis geográfico. Dichos autores concluyen que existen evidentes conflictos de uso dentro de la zona analizada relacionados con la minería y otras actividades como la agricultura y ganadería, además a través del análisis se evidenció que en el periodo de 15 años la cobertura vegetal presento una disminución bastante considerable, lo que puede traer consecuencias ya que al perderse la cobertura de los suelos, los procesos de erosión aumentan y las propiedades del suelo se pierden. Los resultados obtenidos en dicho estudio muestran la necesidad por parte de la Alcaldía de Tocancipá de reevaluar el Plan de Ordenamiento Territorial, enfocándose principalmente en la conservación y protección de los recursos naturales dentro del territorio, con el objetivo de obtener una producción sostenible que garantice la calidad de vida de los habitantes de la vereda. Según los autores el crecimiento económico del municipio es el factor principal que afecta los conflictos del suelo en la vereda, por lo tanto es necesario evaluar y realizar un seguimiento a estas actividades para reducir los impactos ambientales que pueden estar ocasionando a los recursos naturales presentes en la vereda Canavita.

**Arias (2016)** realizó una evaluación del impacto ambiental de la actividad minera de materiales de construcción, en el municipio de Cogua-Cundinamarca y su incidencia en el tratado internacional sobre biodiversidad firmado por Colombia. Para esto se determinó el proceso minero, se identificaron impactos ambientales y se evaluaron estos impactos mediante el método de Índice Global, el cual permite evaluar el impacto de cada factor a través de una calificación que al sumarse arroja un índice total del impacto, interpretándose el efecto a través de una escala cualitativa. Además se realizó un análisis normativo de orden nacional e internacional de las implicaciones legales para Colombia por la afectación de la biodiversidad presente en el área de estudio. Dentro de las conclusiones más relevantes del estudio, se obtuvo

que de acuerdo al Índice Global el ecosistema analizado se clasifica en estado crítico basado en la valoración obtenida de 75 puntos, lo que representa un valor superior a las calificaciones establecidas en la metodología. Según Arias, aunque no se conoce con exactitud a través de los años cual ha sido la expansión minera, es oportuno el uso de las fotografías aéreas y la imagen satelital de Google Earth, permitió identificar el cambio en el uso del suelo representado con el aumento principalmente de la industria ladrillera, así como los cambios en la cobertura vegetal, lo que permite deducir la pérdida del hábitat y desplazamiento de especies de fauna en la zona de estudio.

**Arévalo y Camargo (2011)** realizaron una Evaluación del Impacto Ambiental asociado a la actividad de las gravilleras que operan en la vereda Río Frío, Municipio Tabio, Cundinamarca, a través de 4 fases. En la primera fase se realizó una revisión documental de los expedientes del Ministerio de Minas y Energía y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, la cual permitió reconocer y delimitar la problemática ambiental. La segunda fase se orientó hacia la caracterización de los elementos del medio a través de visitas de campo y recolección de información regional, municipal, cartográfica, hidrometeorológica y estadística que permitió una aproximación al estado de los elementos físicos, bióticos, y socioeconómicos del área de estudio. En la siguiente fase se llevaron a cabo monitoreos que permitieron verificar de forma cuantitativa los principales impactos ambientales que denuncia la comunidad de la Vereda Río Frío asociados con vertimientos al río, contaminación atmosférica por concentración de partículas y emisión de ruido. Finalmente se desarrolló la evaluación y jerarquización de impactos ambientales a partir de la identificación de las acciones del proyecto y los factores ambientales impactados. Dentro de los resultados obtenidos, se obtuvo que se pudo comprobar contaminación del Río Frío a través de mediciones de la calidad del agua, ya que cuando las plantas de lavado y triturado del

material estaban funcionando, la turbiedad del agua aumentaba hasta un 80% y los sólidos sedimentables más del 90% (Arevalo y Camargo, 2011, p. 142). Así mismo, el monitoreo de ruido ambiental permitió comprobar que el transporte de materiales y el acopio del suelo generan niveles de ruido ambiental por encima del nivel permitido por la resolución 627 de 2006, afectando la salud y el desarrollo de las actividades escolares de los alumnos del colegio Simón Bolívar. Por otro lado, la calidad del aire se ve afectada negativamente por actividades del proyecto como el acopio, cargue y transporte de materiales ya que la concentración de partículas en el aire aumenta hasta un 70% mientras las gravilleras se encuentran operando (Arevalo y Camargo, 2011, p. 142).

**La Corporación Autónoma Regional de Tolima [CORTOLIMA] (2008)** realizó un estudio de impacto ambiental para el proyecto Mina El Pedregal, para la extracción de material de arrastre en los márgenes del Río Sumapaz: dicha mina se encuentra ubicada en los municipios Melgar-Nilo, departamentos de Tolima y Cundinamarca. En el estudio se reflejó la descripción técnica del proyecto y los componentes ambientales localizados en el área de estudio, la identificación y evaluación de los efectos de la minería sobre los componentes ambientales; así como los planes, programas y medidas de prevención, mitigación, corrección y rehabilitación requeridos para asegurar el normal desarrollo de la actividad minera en armonía con la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente, y el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente. Según el estudio realizado por CORTOLIMA, la zona ha sido degradada por procesos naturales produciéndose erosión hídrica y eólica, movimientos, cambios de geoformas, por actividades antrópicas (ganadería), así como degradación por procesos antrópicos destacando un deterioro avanzado por las descargas de las aguas del casco urbano de



Fusagasuga y por la pérdida de la cobertura vegetal de las márgenes, el agotamiento del suelo, entre otros.

Conforme a la evaluación realizada por CORTOLIMA los impactos sobre el componente geosférico son los de mayor relevancia y se encuentran asociados a la remoción de suelos, operación de frentes de explotación, conformación de depósitos de excedentes de excavación, etc., actividades que introducen modificaciones en las características y propiedades de los suelos intervenidos, cambio de uso de los mismos, alteraciones en la geomorfología y paisaje originales e incremento potencial de los procesos geofísicos referentes a erosión, aporte de sedimentos e inestabilidad de taludes, aspectos que fueron considerados de manera detallada en el Plan de Manejo Ambiental formulado. Los efectos sobre el componente atmosférico son de carácter moderado o intermedio, los cuales se hayan relacionados con las emisiones de material particulado (polvo) inherentes a la operación minera, así como el incremento de niveles de presión sonora (ruido) de manera localizada. Los impactos sobre el componente hidrosférico son medios, considerando que el proyecto minero no generará vertimientos sobre las corrientes superficiales. La remoción de la cobertura vegetal y suelos en las áreas de minería y su incidencia sobre los procesos ecológicos constituyen los impactos de mayor interés sobre el componente biótico. Sin embargo, dado el grado de intervención de la vegetación presente en el área de la concesión antes del inicio de la minería, dicho efecto varía de bajo a moderado. Los impactos sobre el componente socio-económico son de carácter positivo destacándose la incorporación del proyecto al desarrollo local y regional a través de la generación de empleo, mejoramiento del nivel de ingresos, demanda de bienes y servicios, etc. (CORTOLIMA, 2008, p. 4)

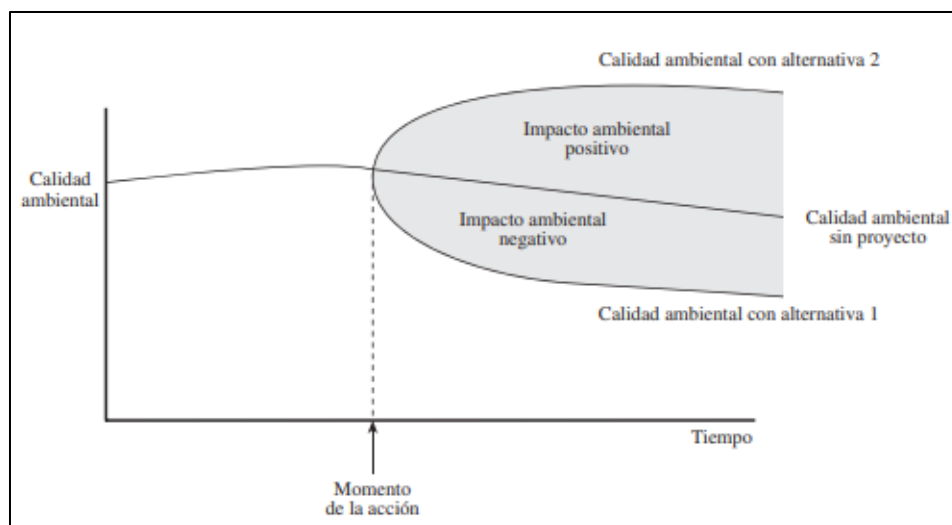
Con base en el estudio realizado se propuso la aplicación del Plan de Manejo Ambiental compuesto por los siguientes programas: Programa de manejo de aguas, programa de control de emisiones, programa de manejo del suelo, programa de manejo y disposición final de residuos sólidos, programa de manejo de vías, programa de recuperación vegetal y paisajística y de protección de ecosistemas acuáticos y terrestres y programa de gestión social.

## **5.2. Marco teórico**

### **5.2.1. Impacto Ambiental.**

Según Garmendia et al. (2005) un impacto ambiental se define como la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana, tomando en cuenta que el ambiente tiene sus propias variaciones naturales. En el estudio de un impacto ambiental, siempre deben incluirse todos los elementos ambientales posibles, estudiando para cada uno los factores ambientales que mejor definan el cambio en su calidad, por ejemplo la demanda bioquímica de oxígeno en el agua (DBO), la concentración de un contaminante en la atmósfera o el número de especies vegetales en un pastizal. Esto permitirá valorarlo, y es lo que lo diferencia del efecto ambiental que es meramente la afectación ambiental por la actividad antrópica.

La definición de un impacto requiere de dos valores: el primero, la magnitud, que equivale al cambio que se produce en el factor ambiental y el segundo el valor que tiene este cambio con respecto a la calidad de los elementos ambientales estudiados o de la calidad ambiental desde un punto de vista más global, éste último puede ser positivo o negativo (Garmendia, Salvador, Crespo, & Garmendia, 2005). En la figura 1, se representa gráficamente la definición de impacto ambiental como el cambio de la calidad ambiental debido a un proyecto.



Fuente: Garmendia et al. (2005)

*Figura 1. Cambio de la calidad ambiental debido a un proyecto.*

### **5.2.2. Gestión Ambiental y Sistemas de Gestión Ambiental.**

La gestión ambiental es un proceso tendiente que adelantar acciones que permitan el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales por parte de los diferentes actores sociales, instituciones del sector público y privado, gremios, empresas a todos los niveles y sociedad civil en general (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2002). La gestión ambiental, se enmarca dentro del concepto de “Desarrollo Sostenible”, propuesto por la Comisión Mundial del Medio Ambiente en 1987 y adoptado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente en reunión celebrada en Río de Janeiro en el año de 1994, definiéndolo como “la habilidad de asegurar las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para cubrir sus propias necesidades” (Castellanos, 2011).

Según estas definiciones, la empresa no está aislada del medio ambiente sino por el contrario es un sistema abierto en constante relación con el entorno, tomando de este los recursos que requiere y a la vez modificándolo de manera positiva o negativa. Por tanto, la gestión ambiental

tiene como objetivo conservar los ecosistemas y sus relaciones ecológicas y el cumplimiento de la política ambiental, por medio de la asignación de recursos materiales, económicos y humanos específicos que permitan mantener estándares y niveles de calidad ambiental, es decir mitigar el impacto ambiental para mejorar la calidad de vida de las personas.

En tal sentido la gestión ambiental se desarrolla desde diversos enfoques: la gestión ambiental gubernamental u oficial, en cabeza de los organismos del estado (ministerio del medio ambiente, corporaciones autónomas regionales, gobernaciones, alcaldías, áreas metropolitanas, distritos especiales, entidades sin ánimo de lucro) y la gestión ambiental empresarial ejercida por las entidades privadas, de toda índoles y tamaño. Es decir, incluir la variable ambiental dentro de la gestión de la organización, afectando su estructura, la toma de decisiones y por ende los resultados económicos obtenidos. De esta surge el concepto de Sistema de Gestión del Medio Ambiente (SGMA), definido como:

El método de trabajo que sigue una organización con el objeto de conseguir, en una primera fase, y de mantener posteriormente, un determinado comportamiento de acuerdo con las metas que se hubiere fijado y como respuesta a unas normas, unos riesgos ambientales, y unas presiones tanto sociales, como financieras, económicas y competitivas, en permanente cambio. (Conesa, 2011, p.55)

Según Conesa (2011) un buen SGMA en una empresa se basa en tres principios básicos: la utilización de recursos, atendiendo a tasas asumibles por el medio, el emplazamiento de las actividades en territorios y ecosistemas con una alta tasa de acogida para ellas y en tercer lugar evitar que la emisión de efluentes de una actividad sobrepase la capacidad de recepción o asimilación del medio ambiente. Para llevar a cabo una buena gestión medioambiental, existen

instrumentos técnicos instituidos para darle solución a los problemas ambientales que pueden clasificarse, según el momento en el que se aplican, en preventivos y correctivos. Los preventivos se aplican cuando se abordan nuevos planes, proyectos o actividades y los correctivos se aplican en actividades en funcionamiento. Un tercer grupo, los auxiliares, como su nombre lo indica, representan herramientas o recursos técnicos para el desarrollo eficaz de los dos primeros.

En las últimas décadas, se ha desarrollado un mayor nivel de conciencia internacional, tanto a nivel político como técnico, sobre la necesidad de aplicar políticas de tipo preventivo, sin embargo, para una buena gestión, en algunos casos es necesario adoptar las medidas correctivas y de restauración del medio. En la Tabla 1, se muestra un resumen de los instrumentos de gestión ambiental según la clasificación explicada anteriormente.

*Tabla 1.*

*Cuadro de instrumentos de la gestión ambiental.*

<b>PREVENTIVOS</b>	<b>INDIRECTOS</b>	<b>Primarios (Educación Ambiental)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Educación ambiental reglada</li> <li>- Información</li> <li>- Sensibilización</li> <li>- Educación extraescolar</li> <li>- Formación</li> </ul>
		<b>Secundarios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Investigación <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Básica</li> <li>○ Aplicada</li> <li>○ Experimental</li> </ul> </li> <li>- Innovación tecnológica</li> <li>- Normativa legal y control</li> <li>- Difusión</li> </ul>
	<b>DIRECTOS</b>	<b>Calidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normalización</li> <li>- Calidad total</li> </ul>
		<b>Gestión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planificación</li> <li>- Diseño</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cartografía</li> <li>- Prevención y control de impactos</li> <li>- Evaluación Estratégica Ambiental (EEA)</li> <li>- Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)</li> <li>- Programa de Vigencia Ambiental (PVA)</li> </ul>
		<b>Económicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autorregulación</li> <li>- Instrumentos económicos</li> <li>- Programas de Inversión Ética</li> </ul>
<b>CORRECTIVOS</b>	<b>DISTINTIVOS</b>	<b>Etiquetado Ecológico (EE)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etiqueta</li> <li>- Logotipo</li> <li>- Sello</li> </ul>

*Tabla 1. Cuadro de instrumentos de la gestión ambiental. Modificado de Conesa (2011)*  
(continuación)

	<b>INFORMATIVOS</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Certificación Individual</li> <li>- Tarjetas Informativas</li> <li>- Folletos</li> <li>- Revelación de información</li> <li>- Advertencias de riesgo y peligros</li> <li>- Libros y publicaciones sobre productos</li> </ul>
	<b>FEDATARIOS</b>	<b>Ecobalances</b>	- Análisis del Ciclo de Vida (ACV)
		<b>Auditorías (AMA)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auditorías de Sistemas de Gestión Ambiental</li> <li>- Auditorías del medio ambiente</li> <li>- Auditorías de cumplimiento</li> </ul>
		<b>Verificaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión Ambiental (REA)</li> <li>- Programa de Vigilancia Ambiental (PVA)</li> </ul>
	<b>EJECUTIVOS</b>	<b>Tratamientos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conservación</li> <li>- Mejora</li> <li>- Reutilización</li> <li>- Puesta en valor</li> </ul>

<b>AUXILIARES</b>		<b>Recuperación</b>	- Restauración - Rehabilitación
		<b>Compensación</b>	- Sustitución - Contraprestación
	<b>TÉCNICOS</b>	<b>Específicos</b>	- Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) - Técnicas Específicas de Valoración de Impactos - Métodos de simulación de impactos
		<b>Analíticos</b>	- Técnicas analíticas
		<b>Genéricos</b>	- Técnicas generales de valoración adaptadas - Técnicas de valoración de alternativas
		<b>Tecnológicos</b>	- Técnicas de procesos - Técnicas correctoras de impactos
		<b>Legales</b>	- Normativas
	<b>SOCIALES</b>	<b>Individuales</b>	- Técnicas de entrevista - Documentos de trabajo ○ Cuestionarios ○ Listas de chequeo ○ Informes
		<b>Colectivos</b>	- Técnicas de grupo - Reuniones - Encuestas - Equipos de trabajo ○ Equipo interdisciplinar ○ Panel de expertos - Técnicas de ordenación y valoración - Técnicas de convergencia. Método Delphi

Fuente: Modificado de Conesa (2011)

### 5.2.3. Evaluación ambiental

Como lo expresan Garmendia, Salvador, Crespo y Garmendia (2005) la evaluación de impacto ambiental es una valoración de los impactos que un determinado proyecto puede generar sobre el medio ambiente (p. 27). Según los autores, esta valoración nunca es objetiva debido a

que la referencia es la calidad ambiental, la cual es subjetiva. Conesa (2009) define la evaluación de impacto ambiental (EIA) como un procedimiento jurídico-administrativo, que tiene por objeto la predicción e interpretación de los impactos ambientales que serán producidos por un proyecto o actividad al ejecutarse, incluyendo la prevención, corrección y valoración de los mismos, todo esto con la finalidad de que las administraciones públicas competentes lo acepten, modifiquen o rechacen.

Para Conesa *op cit.* la EIA como técnica que introduce la variable ambiental en la toma de decisiones sobre los proyectos, se ha manifestado como la formas más eficaz para evitar las agresiones contra la naturaleza, proporcionando una mayor fiabilidad y confianza a las decisiones que deban adoptarse, permitiendo a los actores involucrados, elegir entre múltiples alternativas, aquella que salvaguarde los intereses generales desde una perspectiva integrada y a su vez tomando en cuenta todos los efectos derivados de la actividad que se proyecta (p. 76).

#### **5.2.4. Estudio de Impacto Ambiental**

Según Conesa (2009) el estudio de impacto ambiental se define como:

el estudio técnico, de carácter interdisciplinar, que incorporado en el procedimiento de la evaluación ambiental, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y el entorno.

(Conesa, 2009, p. 77)

El artículo 21 del Decreto 2820 de 2010 define el estudio de impacto ambiental como el instrumento básico para la toma de decisiones sobre los proyectos, obras o actividades que requieren licencia ambiental, siendo su elaboración un requisito para todos los casos en que se requiera licencia ambiental en Colombia.



El estudio de impacto ambiental, como lo menciona Conesa *op. cit.*, debe presentar el título del proyecto, y la declaración o estimación del impacto ambiental, identificando, describiendo y valorando apropiadamente, los efectos notables previsibles que el proyecto producirá sobre los aspectos ambientales.

### 5.2.5. Minería superficial

La minería de superficie constituye el sector más amplio de la minería; se utiliza para la obtención de casi el 80% de las sustancias minerales extraídas hoy en día. Puede emplearse para extraer cualquier tipo de material; de esta forma, los diferentes tipos de minas de superficie tienen denominaciones asociadas a los materiales extraídos, así se tienen los siguientes términos (Arias, 2016, p. 7):

- **Minas de cielo abierto:** dedicadas a la obtención de metales.
- **Explotaciones al descubierto:** se suelen dedicar a la extracción de carbón y materiales industriales.
- **Minas de Placer:** suelen dedicarse a la obtención de minerales y metales pesados (con frecuencia oro, pero también platino, estaño y otros)
- **Canteras:** dedicadas a la extracción de materiales de construcción (existiendo, a su vez una clasificación más precisa que hace alusión a la competencia o consolidación del material extraído, de esta forma entonces, se dice que la cantera extrae materiales de peña, en tanto que la gravillera lo hace de fuentes de material que ha sido transportado y depositado, y por lo tanto de baja consolidación, esta característica es muy importante pues la secuencia de extracción es diferente).

Cuando se utiliza el término cantera, se refiere a depósitos de materiales beneficiables que se extraen de un macizo rocoso de buena calidad, así como de depósitos provenientes de la acumulación de materiales transportados, y cuyo fin es industrial y ornamental; generalmente su extracción se hace a cielo abierto, en excavaciones tridimensionales con uno o varios niveles (banqueo), según la disposición estructural del depósito y la topografía del lugar. Las canteras se clasifican por el método de aprovechamiento, y se diferencian así las canteras ubicadas en terrenos horizontales (explotadas en open pit hasta cierta profundidad en el subsuelo), de aquellas mucho más numerosas practicadas en la ladera o falda de un cerro, así como las canteras de materiales de construcción (triturados o no y arcillas) que cumplen determinados requisitos específicos, de acuerdo con el uso que se les quiera dar (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2009, p. 55-58).

Según Cruz (2006) las canteras son bastante similares a las minas a cielo abierto y el equipo empleado es el mismo con la diferencia en que los materiales extraídos suelen ser minerales industriales y materiales de construcción y por tanto, casi todo el material que se obtiene de la cantera se transforma en algún producto, por lo que el material de desecho tiende a ser mínimo. A su vez, esto significa que el final de la vida útil de la cantera, queda una gran excavación. Las canteras proveen los materiales pétreos (derivados de la piedra), los cuales constituyen uno de los principales insumos en el sector de la construcción.

En muchas canteras, particularmente en aquellas donde se extrae arcilla o arena, los únicos instrumentos de trabajo utilizados para extraer o derrumbar los bloques son la pica, la almádana (o el mazo), la barra, la pala, las carretillas y la zaranda, en otras se utiliza el bulldozer con o sin ripper, el cargador y las volquetas; en muy pocas, además de estos últimos equipos, se cuenta con trituradora y molinos y en algunas más tecnificadas, las menos numerosas, se tiene una planta

fija o móvil de tratamiento de materiales así como palas mecánicas y equipos más eficientes de cargue y transporte (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2009, p. 55-58).

### **5.3. Marco legal**

Colombia a lo largo de su historia, ha desarrollado grandes esfuerzos en el campo ambiental con el propósito de obtener un sistema leyes normas y reglamentos que le permitan enmarcar un mecanismo para controlar los problemas ambientales, tal como son las establecidas en la constitución política en sus artículos (79, 80, 90, 95, 215, 267, 277, 313, 339 y 340) los cuales tienen como principio el derechos a un ambiente sano basándose en la planificación valoración control y administración del medio ambiente.

Así mismo la Ley de 1993 en su artículo 99 crea el Ministerio del Ambiente el cual organiza el Consejo Nacional Ambiental y define los parámetros y directrices de los estudios de impacto ambiental, dando inicio de la inclusión de los estudios de impacto ambiental en toda actividad que pueda degradar el ambiente. Posteriormente en el artículo 57 de la misma ley, se establecen aspectos como la localización del proyecto, los elementos bióticos y socioeconómicos que podían ser alterados por la actividad a realizarse, además la evaluación de los impactos además de llevar la supervisión en cuanto a la recuperación, mitigación y la corrección de los posibles daños ocasionados al medio ambiente; también en la constitución del año 1993, se promulga en su decreto 99, que los estudios de impacto ambiental incluyan el referente a los deberes y los derechos ciudadanos y los fundamentos de políticas ambientales. Esto debido a la importancia del control de los daños que se le causa al ambiente por cualquier acción intervención o modificación de los ecosistemas y los componentes ambientales.

En la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales no solo a nivel nacional sino internacional, Colombia forma parte de tratados, como el de Cartagena de 1969, , conformado por Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela, el cual tiene como finalidad el estudio del medio

ambiente, así como la cumbre de Rio de Janeiro de 1992, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1994) y la Convención Internacional de la Lucha contra la Desertificación (1998).

La Constitución Política en el artículo 8 establece que es obligación del estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la nación. De igual manera en su artículo 58, sobre la propiedad privada, busca instaurar la seguridad en la protección de los bienes personales de los ciudadanos, en tal sentido todos los ciudadanos deben ser responsables del cuidado y protección del medio ambiente y estar vigilantes de toda actividad que pueda generar daños al medio ambiente. El artículo 79 de esta carta magna, establece las bases para el disfrute de un ambiente sano involucrando de manera activa a las comunidades, con el propósito de conservar la diversidad ambiental y la preservación de las áreas de especial cuidado e interés; para lograr este fin, el artículo 80 establece que el estado manejará e instaurará los planes necesarios para el desarrollo sostenible en busca de la protección de los ecosistemas y zonas fronterizas.

En este orden de ideas y con el fin de crear una norma dirigida al cuidado y preservación del ambiente, se instituyó la Ley 99 de 1993, en la cual se enmarcan las normas y reglamentos para la creación del Ministerio del Medio Ambiente y el SINA (Sistema Nacional Ambiental), en donde el primero funciona como órgano rector de la gestión ambiental y el segundo, se presenta como el conjunto de normas orientaciones y actividades dirigidas a la programación de los principios generales del ambiente.

La Ley 99 de 1993, en su artículo 2 literal 12, insta al manejo del medio ambiente en común con la Constitución Política, pero de manera descentralizada y participativa. Cabe destacar que

dentro de esta ley se busca el cuidado y la preservación del medio ambiente así como la recuperación de las zonas afectadas.

El compromiso del estado, queda reflejado en el artículo 80 de la Constitución Política, de velar por una buena planificación en el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales con el fin de garantizar su desarrollo sustentable, su conservación y restauración, previniendo y controlando los factores de deterioro ambiental, imponiendo sanciones legales y exigiendo la reparación de los daños causados.

Cabe destacar que se debe tener presente los estudios de impacto ambiental en toda actividad, tal como lo contempla la Ley 3570 del 27 de septiembre de 2011, haciéndolos obligatorios en todo proyecto que se desarrolle y que generen una actividad que pueda producir daños al medio ambiente, convergiendo en la conservación de los recursos naturales, controlando la degradación del ambiente mediante y la incorporación de aspectos de evaluación, control y supervisión permanente, así como el cumplimiento de las medidas de mitigación, todo esto bajo los parámetros de fiscalización de las actividades que se lleven a cabo. Ahora bien el incumplimiento del marco legal, puede generar daños graves e irreversibles al ambiente, por lo cual la leyes ambientales incluyen las sanciones correspondientes, tal como se establece en la Ley 1333 de 21 de julio de 2009, la cual contempla las sanciones por parte del estado que es el titular de la potestad sancionatoria en materia ambiental y la ejerce sin perjuicio de las competencias legales de otras autoridades a través del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y las Corporaciones Autónomas Regionales, entre otras autoridades ambientales. Estas sanciones se establecen mediante medidas preventivas y de control ante cualquier hecho contrario a lo establecido en la legislación ambiental donde se detecte el incumplimiento de la misma.

Así mismo el artículo 13 de la Ley de 1333 de 2009, establece el procedimiento para la imposición de medidas preventivas en los siguientes términos:

“Iniciación del procedimiento para la imposición de medidas preventivas. Una vez conocido el hecho, de oficio o a petición de parte, la autoridad ambiental competente procederá a comprobarlo y a establecer la necesidad de imponer medida (s) preventiva (s), la(s) cual(es) se impondrá (n) mediante acto administrativo.

Comprobada la necesidad de imponer una medida preventiva, la autoridad ambiental, procederá a imponerla mediante acto administrativo...”. El estado debe garantizar mediante las aplicación de las leyes y de los mecanismos de control existentes, la conservación del medio ambiente contando con las medidas para que se desarrolle un plan ambiental acorde con las normas nacionales y los tratados internacionales, todo esto con el objetivo principal de garantizar un ambiente sano y de calidad para las futuras generaciones.

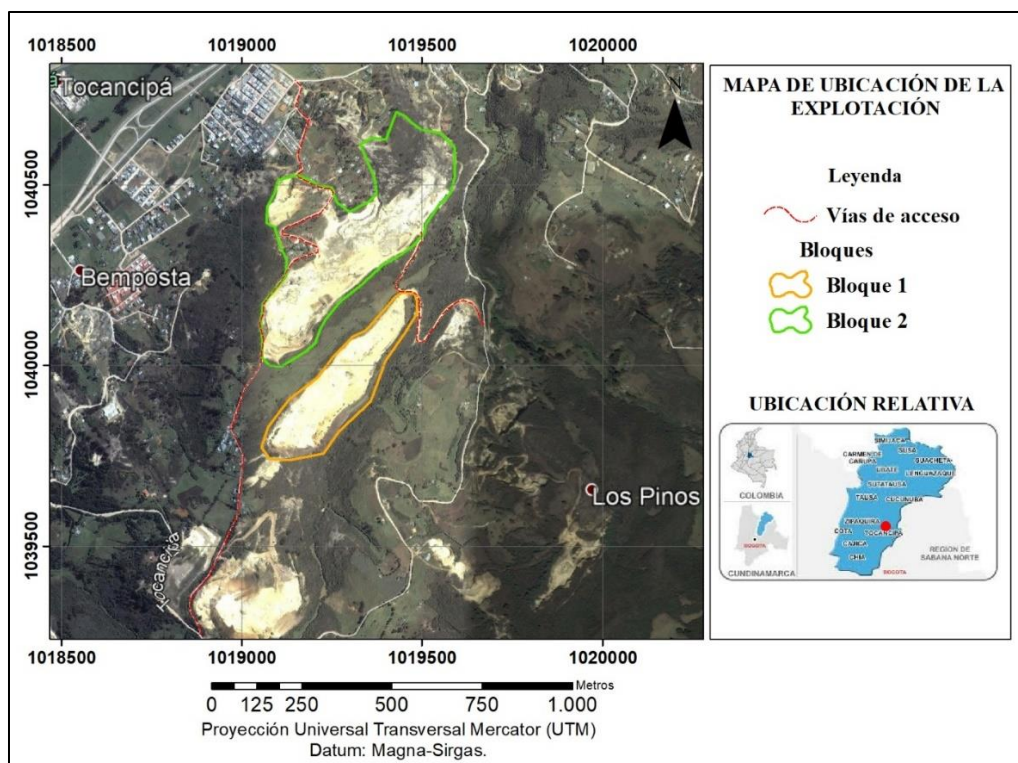
Así mismo, en la actividad minera, específicamente la minería a cielo abierto, que corresponde al caso de estudio, la legislación tiene previsto la obligatoriedad de los estudios de impacto ambiental, tal como lo contempla de la Ley 99 de 1993, donde hace mención de la realización de los estudios de impacto ambiental para las actividades en aprovechamiento de los recursos naturales para su utilización como materiales de construcción, además se cuenta con el Código de Minas (Ley 685 de 2001) el cual hace mención a los estudios de impacto ambiental. Posteriormente en la búsqueda de la regulación de las actividades mineras, el Ministerio de Minas y Energía, mediante el decreto 4134 de 2011 crea la Agencia Nacional de Minería (ANM) buscando una mayor eficiencia en la administración del recurso minero y para que se encargue de los procesos de titulación, registro, asistencia técnica, fomento, promoción y vigilancia de las obligaciones emanadas de los títulos y solicitudes de áreas mineras. Luego el 26 junio de 2013

se aplica la resolución 0428 para la elaboración de los estudios del Programa de Trabajos y Obras (PTO) y los trabajos mínimos exploratorios, por medio de la cual se adoptan los términos de referencia y Guías Minero Ambientales junto con sus anexos.

## **5.4. Marco espacial**

### **5.4.1. Ubicación del área de estudio**

La “Mina San Pedro” cuyo título minero es el N° 12.600 y titular Sucesores Pedro Pablo Roza Guáqueta e hijos y CIA Ltda., se encuentra ubicada en el Departamento de Cundinamarca en la Provincia de Sabana Centro, al este del Municipio Tocancipá, aproximadamente dentro de las cotas 2650 y 2790 m. s. n. m. Aunque la concesión original tiene proyectado explotar cinco bloques, actualmente solo se encuentran bajo explotación los bloques 1 (48.475,5 m<sup>2</sup>) y 2 (153.917 m<sup>2</sup>). En la Figura 2 , se muestra la poligonal que incluye los bloques de explotación; el bloque 1 se encuentra al sur y el bloque 2 al norte. La zona de explotación limita al norte con el sector “Siria”, al sur con el sector “Los Pinos”, al este con la Vereda La Esmeralda y al oeste con el sector “Bemposta”.



Fuente: Autoría propia.

*Figura 2. Mapa de ubicación de los bloques de explotación de la Mina San Pedro.*

#### 5.4.2. Características de la explotación

El producto que se explota corresponde a rocas areniscas, las cuales se procesan para obtener arena silícea. El método de explotación utilizado en la Mina San Pedro para la obtención de las arenas silíceas, es de minas de superficie o a cielo abierto, ya que es el que mejor se adapta a las características del yacimiento y permite el desarrollo de terrazas y bermas a través de las cuales acceden las volquetas y la maquinaria de extracción. El sistema empleado es el de bancos descendentes, el cual consiste en comenzar a explotar la parte superior del yacimiento y conforme se consumen los bancos, se va descendiendo a medida que se modifica la topografía del talud (Figura 3).





*Figura 3. Sistema de explotación utilizado en la Mina San Pedro. Elaboración propia.*

El sentido de la explotación se realiza actualmente en dirección suroeste, que corresponde con la orientación de los frentes, los cuales presentan una gran estabilidad. Según el Plan de la Mina, actualmente, en el bloque 1 se realiza la explotación desde el banco superior hasta el nivel patio en la cota 2676 m. s. n. m., con taludes de 14 metros de altura y ángulos de inclinación promedio de 60°. En el bloque 2, la explotación se hace en sentido noroeste con el fin de ocultar la explotación.

## **6. METODOLOGÍA**

### **6.1. Tipo de estudio**

El estudio es de tipo descriptivo y analítico, ya que busca caracterizar los impactos ambientales generados por las actividades de la Mina San Pedro y sus efectos ambientales, por medios de la observación en campo. Según la fuentes consultadas, el estudio es de tipo documental (revisión de antecedentes y documentación de la mina) y de campo (observación directa).

### **6.2. Tipo de enfoque**

La investigación plantea un enfoque cualitativo. Tal como lo afirma Landeau (2007), los estudios cualitativos se dedican a los aspectos objetivos y reservados de la cuantificación de los datos, comenzando con la recolección de estos mediante la observación empírica o mediciones de cualquier clase, luego elabora mediante las relaciones conocidas sus clasificaciones y proposiciones teóricas.

El aspecto cualitativo en la investigación se refleja en las descripciones del diagnóstico de campo realizado en los bloques de explotación de la mina San Pedro, con la finalidad de obtener indicios de los impactos ambientales generados por la extracción de arena.

### **6.3. Unidad de análisis**

La unidad de análisis corresponde a los bloques de explotación 1 y 2, ubicados dentro de los linderos que conforman la concesión minera “Sucesores Pedro Pablo Rozo Guáqueta e hijos y CIA Ltda” (ver apartado 7.1 Ubicación del área de estudio).

### **6.4. Categoría de análisis**

- Actividades que lleva a cabo la empresa y que pueden generar afectación ambiental.

- Impacto ambiental en el área de influencia directa e indirecta de la explotación minera.
- Posibles medidas ambientales para mitigar los efectos sobre los ecosistemas alterados por las actividades de la mina.

## 6.5. Actividades

La investigación se dividió en 3 fases de acuerdo a los objetivos específicos planteados, las cuales se muestran en la Tabla 2 con las actividades llevadas a cabo para el cumplimiento de cada fase.

*Tabla 2. Fases metodológicas y actividades.*

Fase	Actividades
Identificación de las actividades de la mina susceptibles a degradar el ambiente	<p>Recopilación de información a través de fuentes secundarias (libros, tesis, artículos, informes especializados) acerca de temas ambientales relacionados con las actividades mineras, metodologías de identificación y evaluación ambiental.</p> <p>Revisión de la documentación ambiental de la empresa.</p>
Diagnóstico de la afectación ambiental	<p>Visitas de campo a los bloques de explotación de la mina y sus alrededores para realizar observaciones y análisis visual, captura de fotografías y obtención información de primera mano sobre el estado de las aguas, suelos y aire.</p> <p>Análisis del marco legal ambiental y contraste con la información recolectada en campo.</p> <p>Identificación y evaluación de los impactos ambientales. Recopilación de leyes, decretos y normas ambientales vigentes relacionadas con la regulación de actividades industriales y su afectación al medio.</p>
Propuesta de medidas de mitigación ambiental	<p>Estudio de posibles medidas mitigantes y correctivas según los impactos ocasionados.</p>

Fuente: Autoría propia.

## 6.6. Plan de Trabajo

En la Tabla 3 se muestra el diagrama de Gantt en donde se aprecia el cronograma de actividades realizadas en el estudio.

*Tabla 3. Diagrama de Gantt mostrando la planificación de las actividades.*

Actividades	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Recopilación de información a través de fuentes secundarias.	■	■										
Análisis de la información recolectada.			■									
Visitas de campo preliminares a la Mina San Pedro para recopilar información de fuentes primarias.				■	■	■						
Diagnóstico de las actividades de la mina y los impactos potenciales.						■	■					
Evaluación de los impactos identificados.								■	■			
Organización y análisis de los resultados.										■		
Formulación de estrategias y medidas ambientales.											■	■
Redacción del proyecto aplicado												■

Fuente: Autoría propia.

## **7. RESULTADOS**

### **7.1. Descripción y caracterización ambiental del área de explotación**

El conocimiento de los aspectos ambientales del área de influencia de un proyecto es parte esencial de un estudio de impacto ambiental pues es necesario caracterizarlos para poder identificar aquellos componentes susceptibles a ser afectados por los impactos ambientales que se derivan de las actividades de dicho proyecto.

En tal sentido, se realizan los denominados estudios de línea base sobre los distintos componentes (agua, suelo, aire, flora, fauna, entre otros), los cuales tienen como objetivo diagnosticarlos, identificando su estado inicial, es decir antes de la realización de las obras y actividades preliminares de un proyecto, con la finalidad de tener una aproximación de la posible afectación que se puede generar sobre dichos componentes, proponer medidas preventivas y posteriormente, una vez que se vean afectados, evaluar los impactos de las medidas aplicadas, así como la magnitud e intensidad de los impactos ocasionados.

Sin embargo, los estudios de línea base no son de aplicación sencilla en la mayoría de los casos, debido a su complejidad asociada a su vez a la complejidad del medio biótico y abiótico que se analiza, esto puede traducirse también como un incremento en los costos de inversión del proyecto, tomando en cuenta que estos estudios pueden cubrir desde análisis físicos-químicos y bacteriológicos del agua, estudios de suelos, geomorfológicos, estudios de hábitat de especies florales y faunales, estudios de calidad de aire, entre muchos otros.

Según lo antes mencionado, la caracterización ambiental en muchos casos se realiza posterior a la implementación del proyecto (a pesar de que la legislación ambiental exige que sea previamente) y además cuando se analiza el impacto ambiental actual de un proyecto, como el caso de estudio, el cual lleva años operando, solo es posible realizar el diagnostico ambiental actual, y el conocimiento del medio físico pre proyecto solo puede obtenerse a partir de

antecedentes de estudios previos en el área (si existen). En tal sentido se describen a continuación los aspectos físicos de la zona en donde se encuentra la Mina San Pedro, tomados del Plan de Manejo Ambiental realizado en 2008 y otros antecedentes.

### **7.1.1. Aspectos del medio abiótico**

La zona de explotación se localiza en la Sabana de Bogotá, la cual pertenece a la parte central de la Cordillera Oriental; en ella afloran rocas de edades comprendidas entre el Cretácico Superior al Cuaternario, evidenciando diferentes condiciones de sedimentación.

#### ***Geología Local***

Las rocas aflorantes en el área están constituidas esencialmente por areniscas con esporádicas intercalaciones arcillosas de poco espesor que conforman la Formación Arenisca Tierna (Edad Maastrichtiano Inferior [Pérez & Salazar, 1978]) del Grupo Guadalupe Superior. Estas areniscas son predominantemente cuarzosas, con óxidos de hierro como cemento local, muy friables, de grano medio, porosas y se presentan en bancos de 1 a 4 metros y en capas de 0,20 a 1 metro de espesor, con intercalaciones arcillosas de 2 a 5 centímetros de espesor.

#### ***Geomorfología***

Se aprecian dos geoformas bien identificables en la región donde se localizan las explotaciones: una que corresponde a las estribaciones de la cordillera oriental sobre la Sabana de Bogotá con pendientes fuertes y cerros alargados sectorizados por los cañones de las quebradas y una segunda unidad que corresponde a la parte alta y las laderas de la Serranía donde se ubican las canteras, esta unidad ha sufrido procesos normales de erosión que han modelado los cerros con formas suavemente onduladas y aisladas.

#### ***Hidrología***

La red hidrográfica en la región de Tocancipá pertenece a la cuenca del río Bogotá. En su recorrido de norte a sur recibe las aguas de tributarios (caños y quebradas) con altitudes que

oscilan entre los 2600 y 2900 metros, la mayoría de carácter intermitente. Entre estos se encuentran: El Chiguaque, El Zanjón, Agua Nueva, La Esmeralda, El Manzano, El Manantial y Puente Aldana, a los que confluyen otros caños. La Quebrada Peñas Blancas corresponde al área del proyecto.

### ***Calidad del agua***

Según el Plan de Manejo Ambiental (2008): “Se realizó la verificación en campo de las posibles corrientes hídricas que se afectan por el proyecto minero y se pudo concluir que la única red hídrica afectada que se puede ver afectada es la quebrada Peña Blanca, para ello se realizó un análisis de calidad de agua respecto a las aguas de escorrentía que pasan por el área de proyecto y llegan a dicha quebrada, del cual se obtienen buenos resultados respecto a que la cantidad de sólidos suspendidos es mínima en comparación a los resultados de la cantidad de sólidos con que viene aguas arriba la quebrada” (PMA, 2008, p. 11).

### **7.1.2. Aspectos del medio biótico**

***Ecosistemas acuáticos:*** en el área de estudio no se registra la presencia de ecosistemas acuáticos.

#### ***Ecosistemas terrestres:***

***Vegetación:*** de acuerdo a la clasificación del Plan de Ordenamiento Territorial de Cobertura y uso actual de la tierra, la zona se encuentra compuesta por los siguientes usos: Protección y pastoreo (AI), Pastoreo y ganadería extensiva (PA), Extracción Minera (MI), Pastoreo y extracción de materiales (ME), Vivienda campesina semi consolidada (CU).

***Fauna:*** De acuerdo con los pobladores del sector, la zona se encontraba anteriormente con una vegetación un poco más densa que permitía el establecimiento de avifauna y la presencia de numerosos mamíferos. En la actualidad esta situación ha cambiado, subsistiendo solo aquellas que pueden adaptarse a la intervención y a las nuevas condiciones de la zona.

La fauna silvestre que actualmente reside en el área del municipio de Tocancipá está bastante disminuida; ha sido afectada por las profundas transformaciones hechas por el ser humano sobre la cobertura vegetal y la ausencia de los diferentes nichos ecológicos. La mayoría de los mamíferos no están presentes en la zona, solo queda el conejo de monte (*Sylvilagus brasiliensis*). Acompañando estas especies, están los ratones de campo (*Oryzomys sp.*) como mamíferos con mayor adaptación a las modificaciones de hábitats naturales en el área. Debido a lo anterior, existe un predominio de las especies pequeñas y herbívoras sobre las carnívoras, situación que en años anteriores era contraria.

La avifauna es el grupo más abundante siendo comunes en el área: mirlas (*Turdus fuscater*, *Catharus sp.*), copetón (*Zonotrichia capensis*), palomas (*Columbina talpaconi*), colibrí (*Colibri corruscans*).

### **7.1.3. Zonificación ambiental según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT)**

Según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio Tocancipá (2015-2027) el área de estudio se encuentra ubicada en el piso bioclimático andino, bajo un régimen de humedad frío seco. Pertenece a la unidad de gran paisaje denominada Montañas Estructurales, con un paisaje caracterizado por geoformas del tipo vertientes onduladas con litologías predominantes de areniscas de edad cretácica como se mencionó en el apartado de Geología.

El terreno es de moderado a fuertemente inclinado con pendientes variables entre el 25 y 75%, siendo los procesos geomorfológicos dominantes el escurrimiento superficial concentrado, el cual es el causante de la erosión en surcos. En cuanto a las características del suelo, desde el punto de vista de la clasificación taxonómica, en esta unidad dominan los inceptisoles y entisoles, siendo moderadamente profundos a superficiales y bien a excesivamente drenados, con texturas finas y medias. Según la clasificación de la cobertura del paisaje, el POT distingue tres



unidades y tres usos en la zona: extracción de materiales (uso Minería MMI), misceláneo erosionado (uso pastoreo extensivo MME) y bosques y arbustales (protección y conservación MBS).

## **7.2. Identificación y descripción de las actividades de la mina San Pedro susceptibles de afectar el ambiente**

En este apartado se describen las actividades realizadas en las etapas previas y durante la explotación y posterior procesamiento de las areniscas en las minas San Pedro, con la finalidad de conocer sus procesos y maquinaria utilizada, lo que permitirá identificar los impactos ambientales potenciales, tanto en las zonas de explotación como en los sectores aledaños.

### **7.2.1. Desmonte**

Consiste en la remoción de vegetación en el área en la que se proyecta realizar la explotación. Este procedimiento debe realizarse tomando en cuenta las especies arbóreas y animales que puedan verse afectadas, previo estudios forestal y biológico de línea base, con la finalidad de aplicar medidas que permitan mitigar o corregir el impacto ambiental generado como la reforestación. Este material se retira con maquinaria pesada y es almacenado junto con el descapote para su posterior utilización en la reforestación de las zonas afectadas.

### **7.2.2. Descapote**

En esta etapa se remueve el suelo o el "estéril" (mineral o roca que no representa beneficio económico para la empresa minera) que cubre el yacimiento, para dejar descubierto el mineral de interés. La capa vegetal que se encuentra en la parte superior del suelo es rica y su manejo inadecuado puede producir efectos negativos como la pérdida de la productividad del suelo, contaminación por mineral y estéril, pérdida de sus características físicas, erosión y posterior colmatación de cuerpos de agua, así como incremento en los costos de restauración futura de zonas intervenidas. Para el descapote se utilizan máquinas retroexcavadoras y el suelo removido

se almacena en los costados del frente de explotación en forma de jarrillones para su protección (Plan de Manejo Ambiental de la Mina San Pedro, 2010).

### **7.2.3. Terraceado inicial**

Consiste en la modificación de la topografía del yacimiento a través del desarrollo de bancos o terrazas que permitirán el aprovechamiento del material desde los bancos superiores y la depositación de arranque en la parte inferior o pie de los taludes de la cantera (Figura 4). Los bancos tienen una altura de 14 metros para todos los frentes de la mina y para la fase de adecuación morfológica final se estableció una altura de talud de 7 metros (Plan de Manejo Ambiental de la Mina San Pedro, 2010).

Las bermas corresponden a las plataformas horizontales existentes en los límites de la excavación sobre los taludes, tienen como objetivo mejorar la estabilidad de estos y permitir el desplazamiento de la maquinaria de trabajo. Estas tienen un ancho que puede variar entre los 10 y 30 metros, dependiendo de su estado de conformación.



Figura 4. Terraceado inicial. Elaboración propia.

#### 7.2.4. Construcción de vías

Para el acceso del transporte y maquinaria a los sitios en donde se prevé realizar la explotación es necesaria la construcción de vías de acceso, en función de la topografía del terreno. Para ello, se realizan actividades de deforestación, corte y relleno de material y nivelación del terreno. En el caso de la mina, estos accesos están constituidos por caminos de tierra (Figura 5). Adicionalmente es necesario aperturar cunetas en la vía para el manejo de las aguas de escorrentía.



*Figura 5. Vías de acceso a los bloques de explotación. Elaboración propia.*

#### 7.2.5. Arranque y carga

El arranque constituye el conjunto de operaciones necesarias para separar el material de interés a explotar, del macizo en el que se encuentra, siendo necesario en la mayoría de los casos, triturar la roca en trozos más pequeños para facilitar los procesos de carga y transporte. El arranque normalmente se realiza a través del uso de maquinarias o explosivos, siendo este último método, el más rentable cuando se trata de materiales de dureza alta. En la mina San Pedro, se hace uso de voladuras para fragmentar la roca arenisca mediante el empleo de explosivos. Para ello, en primer lugar se aplica la perforación neumática (Figura 6), mediante el empleo de una perforadora convencional, que usa como energía el aire comprimido para realizar los huecos.



*Figura 6. Perforación neumática para colocar el explosivo. Elaboración propia.*

En estos agujeros se coloca el explosivo en polvo (Figura 7) y posteriormente se realiza el encapsulado, tapeado el agujero con arena. A través de un detonador conectado a un cable, se realiza la voladura en el frente que se desea desprender (Figura 8).



*Figura 7. Disposición del explosivo en polvo. Elaboración propia.*



*Figura 8. Detonación y voladura. Elaboración propia.*

Posteriormente las palas excavadoras, realizan la extracción mecánica del material desprendido por las voladuras desde los taludes (Figura 9), con lo que queda un nuevo frente de explotación plano, y los descargan en zonas en donde las palas cargadoras (payloader) lo depositan en los camiones de transporte (Figura 10).



*Figura 9. Proceso de extracción mecánica. Elaboración propia.*





*Figura 10. Proceso de carga del material a los camiones de transporte. Elaboración propia.*

#### **7.2.6. Proceso de Zarandeo**

Una vez que el material ha sido cargado en los camiones, estos lo transportan y depositan en una zaranda (Figura 11), que es una especie de cedazo que tamiza el material con la finalidad de separar la arena de las partículas de mayor tamaño, estas últimas son cargadas y transportadas hasta la trituradora para su beneficio final.



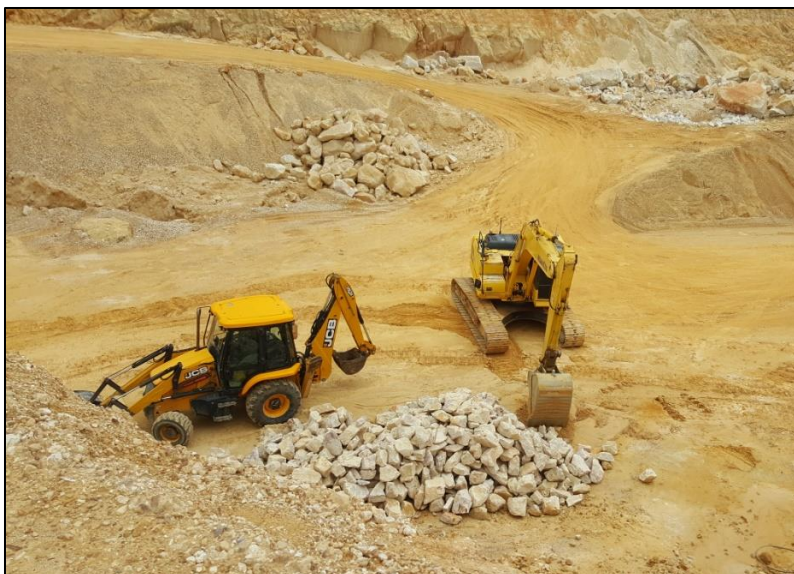
*Figura 11. Proceso de zarandeo. Elaboración propia.*

### **7.2.7. Transporte interno y externo**

También se le denomina acarreo y se basa en el desplazamiento de los materiales hasta las plantas de tratamiento, si se trata de minerales, o hasta los vertederos en el caso de estériles (material sin interés). El transporte interno, es aquel que se lleva a cabo dentro de los límites de la mina; en este caso se desplaza el material resultante del proceso de arranque y carga, desde los bloques de explotación hasta los centros de acopio a la espera de ser transportados a la planta de trituración. El transporte externo, por su parte, se lleva a cabo luego del procesamiento de las areniscas y su transformación en arenas, desde la planta a las afueras de la mina a través de volquetas, hacia los lugares en donde será comercializada o utilizada como material de construcción.

### **7.2.8. Acopio de mineral y estéril**

El acopio consiste en almacenamiento del material extraído de la mina para su comercialización o posterior beneficio y uso. Estas áreas deben estar en función de cantidad de material a extraer, el tiempo de almacenamiento y calidad de éste (Ministerio de Minas [MinMinas] y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia [UPTC], s .f., p. 41). En la mina San Pedro, se utiliza un sistema de almacenamiento en pila, ya que el descargue del material se realiza en volquetas y luego se acumula el material en montículos cercanos a la trituradora que se ubica en el Bloque 2 (Figura 12).



*Figura 12. Acopio del material. Elaboración propia.*

### **7.2.9. Beneficio y transformación**

Según MinMinas y UPTC (s.f.) el beneficio comprende procesos de selección, trituración, molienda, mezcla y homogenización, lavado, y otras operaciones similares a que se somete el material explotado en bruto para luego ser utilizado según las necesidades de la industria e infraestructura (p. 42).

En la Mina San Pedro se realiza el proceso de trituración a través de una trituradora móvil de rotor, marca Rubble Master, modelo V550GO!, la cual cuenta con una entrada para el material, el cual es depositado a través de palas cargadoras (Figura 13), y al otro extremo con una salida para el material triturado, el cual es depositado en una zaranda que separa la arena del material de mayor tamaño (Figura 14).





*Figura 13. Trituración. Elaboración propia.*



*Figura 14. Zarandeo final. Elaboración propia.*

#### **7.2.10. Reforestación**

Con el objetivo de restaurar los taludes intervenidos por la explotación minera, se realiza la recuperación de la vegetación mediante el uso del material de descapote removido en las etapas anteriores, así como la siembra de césped y plantas autóctonas (Figura 15).



*Figura 15. Reforestación de zonas intervenidas. Elaboración propia.*

### **7.3. Delimitación del área de influencia de la explotación**

#### **7.3.1. Área de influencia indirecta**

El área de influencia indirecta corresponde a aquella donde no se desarrolla ninguna clase de explotación ni aprovechamiento y se encuentra enmarcada entre el polígono del título minero y los bloques de explotación, así como los accesos a estos, es decir la vialidad y áreas pobladas y de plantación forestal por las que circulan los vehículos y volquetas. En el Plan de Manejo Ambiental se realiza la zonificación ambiental según uso del área de influencia indirecta, mostrada en la Tabla 4.

*Tabla 4. Zonificación ambiental del área de influencia indirecta.*

<b>Zonificación de uso</b>	<b>Clasificación Ambiental</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Usos</b>
<b>Zona de Industria Minera</b>	Ecosistema Ambientalmente Crítico (EAC)	Delimitada por el polígono de explotación.	Zona designada al desarrollo de actividades mineras.
<b>Zona Urbana</b>	Ecosistema de Importancia	Área urbana enmarcada dentro	Sector en proceso de desarrollo urbano que se ha dado de manera informal,

	Económica y Social (EIS)	del polígono minero.	con grandes deficiencias especialmente de servicios públicos y áreas verdes.
<b>Zona de amortiguación y protección</b>	Ecosistema de Importancia Ambiental (EIA)	Localizada entra la zona minera y la zona de no intervención.	Área delimitada con la finalidad de prevenir perturbaciones causadas por la actividad minera y en general actividades humanas en zonas aledañas a la urbana.

Fuente: Modificado del Plan de Manejo Ambiental de la Mina San Pedro.

### 7.3.2. Área de influencia directa

El área de influencia directa está limitada por el área del título minero junto con la zona más próxima al mismo, pudiendo identificar las siguientes zonas (Plan de Manejo Ambiental):

- Zonas que presentan cobertura vegetal representada principalmente por rastrojos medios, altos y matorrales- En general especies de porte bajo y sobre el costado norte un bosque de pinos.
- Zona minera actual (Zm): sectores sobre los cuales se han desarrollado trabajos de explotación minera encontrándose la zona actualmente intervenida.
- Zona con proyección minera (Zpm): zonas que no han sido intervenidas desde el punto de vista minero pero en las que se proyecta a futuro extraer material.
- Zona de vías: vías de acceso al área del contrato de concesión así como vías internas del proyecto.

Al igual que en la zona de influencia indirecta, se realiza una zonificación ambiental de acuerdo a tres zonas de uso (Tabla 5).

Tabla 5. Zonificación ambiental del área de influencia directa.

<b>Zonificación de uso</b>	<b>Clasificación Ambiental</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Usos</b>
<b>Zona de Industria Minera</b>	Ecosistema Ambientalmente Crítico (EAC)	Delimitada por el polígono de explotación.	Zonas que han perdido su capacidad de recuperación o autorregulación, donde los impactos ambientales presentan mayor magnitud teniendo en cuenta aspectos de estabilidad y morfología del terreno.
<b>Zona Urbana</b>	Ecosistema de Importancia Económica y Social (EIS)	Área urbana enmarcada dentro del polígono minero.	Sectores que directa o indirectamente están siendo utilizados: toda la infraestructura, viviendas ubicadas en el área del contrato y sectores objeto de explotación.
<b>Zona de amortiguación y protección</b>	Ecosistema de Importancia Ambiental (EIA)	Localizada entra la zona minera y la zona de no intervención.	Sectores que presentan cobertura vegetal representada por vegetación nativa de porte medio y alto y sobre la que existe un bioma con características especiales que requieren un adecuado tratamiento para su protección y conservación. Estos sectores presentan baja influencia antrópica, con pendientes que oscilan entre 7 y 70%, lo que impide su intervención. Dentro del área delimitada por el título minero no se localiza esta zona de importancia ambiental, ya que aunque se encuentra en área de reserva forestal en el POT está catalogada como industrial, permitidas las actividades mineras.

Fuente: Modificado del Plan de Manejo Ambiental de la Mina San Pedro.

#### **7.4. Identificación de impactos ambientales**

Dentro del proceso metodológico que comprende la evaluación de impactos ambientales, el primer paso corresponde a la identificación de los impactos que se derivan de las actividades que se realizan en las distintas fases de un proyecto. En tal sentido para identificar impactos, el punto de partida es el conocimiento de todas las acciones que se llevan a cabo en dicho proyecto y el estudio del medio en donde se sitúa el área de influencia de las actividades.

Para la identificación de los impactos generados por la explotación de arena silíceas en la mina San Pedro, se aplicó una lista de chequeo, que corresponde a una metodología muy simple usada en evaluaciones preliminares para llamar la atención sobre los impactos más importantes que tienen lugar en la realización de un proyecto.

Según Conesa (2010) las listas de chequeo son una ayuda estructurada para establecer los componentes y factores ambientales a considerar en el estudio de impacto ambiental, asegurando que este incluya todas las áreas potencialmente impactadas (p. 179). Existen diferentes tipos de listas de chequeo según el grado de detalle que estas presenten en la descripción de impactos y el tipo de proyecto que se evalúe.

Para el caso de estudio, se aplicó una lista de chequeo simple, ya que según Conesa (2010) estas proporcionan un enfoque amplio y a la vez flexible para la identificación de impactos directos, contemplando aquellos factores físicos, bióticos y socioeconómicos que podrían verse afectados por las acciones del proyecto, sin tratar de evaluar los efectos ni cualitativa ni cuantitativamente, lo cual hasta este punto es útil ya que en la siguiente fase se realizará una evaluación profunda y detallada de cada uno de los impactos identificados.

Para la elaboración de la lista de chequeo simple, se construyó una tabla de doble entrada (Tabla 6), en la que las columnas corresponden a las actividades del proyecto (detalladas en el apartado 7.2) y en las filas se ordenan los impactos potenciales según los componentes del medio

al que afectan (aire, agua, suelo, flora, fauna, factores culturales). En el cruce entre cada actividad y los impactos, se marca con una X el impacto correspondiente, siendo esta de color rojo si el impacto es negativo o de color verde si es positivo.

Cabe destacar que para el llenado de la lista de chequeo, se tomó en cuenta la opinión de 2 expertos, especialistas en el área de geología y ambiente, con la finalidad de tomar en cuenta la diferencia de criterios y la experiencia, disminuyendo la subjetividad al momento de identificar los impactos.

Los impactos identificados, permiten conocer de manera más específica la afectación de cada una de las acciones de la explotación, sin embargo es necesario la evaluación de cada uno de ellos para jerarquizarlos según su magnitud o importancia y tener un conocimiento más ajustado a la realidad, lo que permitirá en instancias posteriores proponer medidas para su prevención, mitigación y/o corrección.

Tabla 6. Lista de Chequeo para la identificación de impactos generados por la explotación de arena silíceo en la Mina San Pedro.

COMPONENTE AMBIENTAL	ACTIVIDADES IMPACTOS											
		Desmonte	Descapote	Construcción de	Terraceado	Arranque y	Zarandeo	Transporte	Transporte	Acopio de	Beneficio y	Reforestación
Aire	Incremento en la concentración de material particulado		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Incremento en los niveles normales de presión sonora	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Incremento en la concentración de gases contaminantes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Agua	Incremento en la concentración de sustancias contaminantes en el agua superficial			X								
	Cambios en el pH de las corrientes por vertidos de agua											
	Sedimentos de cuerpos de agua	X	X	X	X			X	X	X		
	Cambios en la disponibilidad de agua superficial											X
	Cambios en las dinámicas de las corrientes superficiales											
	Contaminación de aguas subterráneas											
Suelo	Pérdida de suelo por descapote		X	X	X	X						
	Erosión	X	X	X	X	X						

	Cambios en la composición del suelo		X	X	X	X		X				X
	Generación de inestabilidad del suelo y taludes	X	X	X	X	X						
Flora	Deforestación	X		X	X					X		
	Pérdida de especies	X		X	X					X		
	Alteración por introducción de especies alóctonas											X

*Tabla 6. Lista de Chequeo para la identificación de impactos generados por la explotación de arena silíceo en la Mina San Pedro (Continuación).*

COMPONENTE AMBIENTAL	ACTIVIDADES IMPACTOS	Desmonte	Descapote	Construcción de	Terraceado	Arranque y	Zarandeo	Transporte	Transporte	Acopio de	Beneficio y	Reforestación
Fauna	Alteración del hábitat	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Migración de especies	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	Repoblación de especies											X
Factor Cultural	Generación de empleo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Cambios en las costumbres					X						
	Afectación de viviendas					X			X			
	Afectación de vías	X	X	X		X		X	X			

Fuente: Elaboración propia.



### **7.5. Evaluación de impactos ambientales**

Según Toro, Martínez y Arrieta (2013) la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso técnico-administrativo utilizado para evaluar los impactos ambientales de proyectos, obras o actividades (POA) e informar a la comunidad de manera previa, de modo que ésta pueda intervenir en la toma de decisiones (p. 44). En este sentido, la EIA puede considerarse como una herramienta de prevención y control en el contexto del Sistema Nacional Ambiental de Colombia (Toro, Requena y Zamorano, 2010; Wathern, 1994; Wood, 1993 citados en Toro, Martínez y Arrieta, 2013).

Es así como la evaluación de impactos tiene como objetivo principal asignar un valor cualitativo o cuantitativo a cada impacto de manera de poder medir su grado de afectación sobre el medio, compararlo con otros impactos y analizar la fuente de acciones que los generan y de esta manera sugerir actuaciones que disminuyan su incidencia hasta el punto que los efectos sean lo menos perjudiciales posibles al ambiente.

En cuanto a los métodos más utilizados para la valoración de los impactos, las listas de chequeo, la opinión de expertos y las matrices de interacción como la metodología cualitativa, son preferidas por los equipos evaluadores por su facilidad de manejo, bajo costo y rapidez en la obtención de resultados (Canter y Sadler, 1997 en Toro et al., 2013, p. 44). Aunque en Colombia no existen métodos oficiales para la evaluación de impactos ambientales, según estudios recientes como el de Toro et al. (2013) una de las metodologías más utilizadas es la propuesta por Vicente Conesa (Desarrollado y mejorado 1990-2010), la cual se basa en las exigencias de la legislación española en cuanto a la evaluación de impacto ambiental.

El método Conesa consiste en la valoración cualitativa de los impactos ambientales a través de la construcción de una matriz de importancia, en la que cada cruce da una idea del efecto de cada acción impactante sobre cada factor ambiental impactado. De esta manera el impacto se mide en base al grado de manifestación cualitativa del efecto que quedará reflejado en lo que se define como “Importancia del Impacto” o “Índice de Incidencia” (Conesa, 2010, p. 236). Según Conesa (2010) este se define como un valor que está en función tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo exigidos en la legislación española (VI Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1.302/1986), correspondientes a: extensión, tipo de efecto, plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad (Conesa, 2010, p. 236)

Es así como las casillas de cruce de la matriz de importancia estarán ocupadas por la valoración correspondiente a once símbolos que representan la nomenclatura de los atributos mencionados anteriormente, a los que se añade en una columna final el valor de la importancia, la cual sintetiza el valor del impacto en una cifra que está en función de dichos atributos. Con la finalidad de entender la representatividad de cada uno de ellos, a continuación se define su significado de acuerdo a Conesa (2010):

***Signo (NAT):*** hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las acciones sobre el factor ambiental considerado, siendo positivo cuando la acción produce una mejora en la calidad ambiental (por ejemplo los efectos de la reforestación) y en caso contrario, negativo cuando se produce disminución de la calidad ambiental (ejemplo: la contaminación del aire, agua o suelo por determinada acción).

**Intensidad (IN):** se refiere al grado de incidencia de la acción sobre el factor ambiental, es decir el grado de destrucción en el caso de que el efecto sea negativo, independientemente de la extensión afectada. Para su valoración, Conesa propone un baremo comprendido entre 1 y 12, siendo 12 la destrucción total del factor y 1 la afectación mínima, 2 media, 4 alta y 8 muy alta.

**Extensión (EX):** refleja la fracción del medio afectada por la acción del proyecto, es decir, el área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto en que se sitúa el factor. Si la acción produce un efecto muy localizado se considera que tiene carácter puntual (1) y si por el contrario la influencia del impacto es sobre todo el área del proyecto, se valorara como Total (8), teniendo como situaciones intermedias: Parcial (2) y Extenso (4).

**Momento (MO):** es el plazo de manifestación del impacto aludiendo al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado. En tal sentido puede valorarse como de Manifestación Inmediata (4), a Corto Plazo (3) cuando el tiempo transcurrido es menor a un año, Medio Plazo (2) si el periodo de tiempo esta entre 1 y 10 años y si el efecto tarda más de 10 años en manifestarse será de Largo Plazo (1).

**Persistencia o duración (PE):** se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual, el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción. Así, cuando la permanencia del efecto es mínima o nula, el efecto se considera Efímero o Fugaz (1), si tiene lugar durante menos de un año, se considera de efecto Momentáneo (1), entre 1 y 10 años será de efecto Temporal o Transitorio (2) y si permanece entre 11 y 15 años se considera Persistente, Pertinaz o Duradero (3). El mayor valor alcanzado es 4 para efectos con duración mayor a 15 años considerados como Permanentes o Estables.

**Reversibilidad (RV):** se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado pro el proyecto, es decir, la posibilidad de retomar a las condiciones iniciales previas a la acción, por

medios naturales, una vez ésta deja de actuar sobre el medio. En tal sentido, el efecto reversible puede ser asimilado por los procesos naturales del medio (sin la intervención humana en un período menor a 15 años), mientras que el irreversible no puede ser asimilado o serlo al cabo de un periodo de tiempo largo (mayor a 15 años). Si es a Corto Plazo, se le asigna un valor de 1, a Medio Plazo (2) y a Largo Plazo (3), siguiendo los mismos intervalos de tiempo que el atributo Persistencia.

***Sinergia (SI):*** se refiere a la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples, incluyendo aquel efecto cuyo modo de acción induce con el tiempo a la aparición de otros nuevos, de superior manifestación. Así la potenciación de la manifestación del efecto se valora como 1 si es Sin Sinergismo o Simple, 2 si es Sinergismo Moderado y 4 si es Muy sinérgico.

***Acumulación (AC):*** da una idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Así, cuando al prolongarse una acción se incrementa progresivamente la magnitud de su efecto, su ocurrencia es Acumulativa (4). Por el contrario, cuando la acción se manifiesta sobre un solo componente ambiental, sin la inducción de nuevos efectos, ni en la de su acumulación ni en la de su sinergia, se habla de acumulación Simple y se valora como 1.

***Efecto (EF):*** se refiere a la relación causa-efecto, es decir, a la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción. En tal sentido, este puede ser Directo o Primario (4) cuando la repercusión de la acción es consecuencia directa de esta (por ejemplo la emisión de CO<sub>2</sub> sobre el aire) o el impacto puede ser Indirecto o secundario, cuando se producen por un impacto anterior, es decir se desencadena de otro impacto (por ejemplo la contaminación

del agua por efecto de la erosión del suelo causada por la deforestación), en este caso valorándose como 1.

**Periodicidad (PR):** se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera continua (las acciones que lo producen permanecen constantes en el tiempo), o discontinua (las acciones actúan de manera intermitente), o irregular o esporádica en el tiempo. La periodicidad discontinua es Periódica, cíclica o intermitente (Valor 2) cuando los plazos de manifestación presentan una regularidad establecida y Aperiódica o Irregular (1) cuando el efecto se repite en el tiempo de manera irregular e imprevisible. A los efectos Continuos se les asigna un valor de 4.

**Recuperabilidad (MC):** referido a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retomar a las condiciones iniciales por medio de la intervención humana (medidas correctivas y restauradoras). Si el efecto es totalmente Recuperable o neutralizable, se le asigna un valor de 1, 2, 3 o 4, según sea de manera inmediata a corto, mediano y largo plazo. Cuando el efecto es Irrecuperable se le asigna un valor de 8.

**Importancia del impacto (I):** viene representada por un número que se deduce mediante la valoración de los atributos explicados anteriormente, aplicando el modelo matemático propuesto por Conesa (2006):

$$I = \pm[3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC]$$

La importancia del impacto puede tener valores entre 13 y 100, considerándose impactos irrelevantes (compatibles con el medio) si la importancia es inferior a 25, moderados si la importancia esta entre 25 y 50, severos si está entre 50 y 75 y críticos cuando el valor de I es superior a 75.

Para la evaluación de los impactos producidos por la explotación de arenas silíceas en la mina San Pedro, se construyó la matriz de importancia (Tabla 7), ubicando en las filas los impactos identificados en el apartado anterior para cada actividad del proyecto y en las columnas los 11 atributos más el cálculo de la importancia en la columna final. Al igual que en la identificación de los impactos, se realizó la valoración de los atributos descritos anteriormente contando con la consulta de dos expertos en el área ambiental. Una vez calculadas las importancias de cada impacto, se colorearon según una escala tipo semáforo, para resaltarlas en función del valor obtenido y facilitar el análisis posterior, siendo color verde los impactos irrelevantes, amarillo los moderados y rojos los severos, destacando que no se obtuvo ningún impacto crítico según los valores obtenidos de acuerdo a la metodología de Conesa.

*Tabla 7. Matriz de Importancia del Método Conesa para la evaluación de impactos del proyecto.*

Actividad	Impactos	Atributos											I
		NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	
Desmonte	Incremento en los niveles normales de presión sonora	-1	2	2	4	2	4	2	4	4	2	4	-36
	Incremento en la concentración de gases contaminantes	-1	2	2	4	2	2	1	1	4	2	4	-30
	Sedimentación de cuerpos de agua	-1	1	1	1	2	3	2	4	4	2	4	-27
	Erosión	-1	4	1	4	4	4	4	4	4	4	4	-46
	Generación de inestabilidad del suelo y taludes	-1	4	4	4	4	4	2	4	4	4	3	-49
	Deforestación	-1	8	4	4	4	3	4	4	4	4	4	-63
	Pérdida de especies	-1	8	4	4	4	3	4	4	4	4	4	-63
	Alteración del hábitat	-1	8	4	4	4	3	4	4	4	4	4	-63
	Migración de especies	-1	8	1	4	4	3	2	4	4	2	4	-53
	Generación de empleo	1	2	2	4	1	1	1	1	4	2	1	25
	Afectación de vías	-1	1	1	4	1	3	1	4	4	1	4	-27
Descap	Incremento en la concentración de material particulado	-1	8	4	4	1	4	4	4	4	2	4	-59

	Incremento en los niveles normales de presión sonora	-1	4	4	4	1	1	2	4	4	2	4	-42
	Incremento en la concentración de gases contaminantes	-1	1	1	4	1	2	2	1	4	2	2	-23
	Sedimentación de cuerpos de agua	-1	8	2	3	4	3	1	4	4	4	4	-55
	Pérdida de suelo por descapote	-1	12	4	4	4	4	2	4	4	4	4	-74
	Erosión	-1	8	4	4	4	3	2	4	4	4	4	-61
	Cambios en la composición del suelo	-1	2	4	2	4	3	2	4	4	4	4	-41
	Generación de inestabilidad del suelo y taludes	-1	8	4	4	4	2	2	4	4	4	4	-60
	Alteración del hábitat	-1	8	4	4	4	3	1	4	4	4	4	-60
	Migración de especies	-1	8	4	4	4	3	2	4	4	4	4	-61
	Generación de empleo	1	2	2	4	1	1	1	1	4	2	1	25
	Afectación de vías	-1	1	1	4	1	3	1	4	4	1	4	-27
Construcción de vías	Incremento en la concentración de material particulado	-1	4	4	4	4	1	1	4	4	2	4	-44
	Incremento en los niveles normales de presión sonora	-1	2	4	4	2	1	1	1	4	2	1	-30
	Incremento en la concentración de gases contaminantes	-1	2	2	3	2	1	1	1	4	2	4	-28
	Incremento en la concentración de sustancias contaminantes en el agua superficial	-1	2	1	3	1	2	1	1	1	1	4	-22
	Sedimentación de cuerpos de agua	-1	4	4	4	4	3	2	4	4	4	4	-49
	Pérdida de suelo por descapote	-1	2	4	4	2	2	1	4	4	4	4	-39
	Erosión	-1	2	4	4	4	1	1	4	4	4	4	-40
	Cambios en la composición del suelo	-1	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	-49

Tabla 7. Matriz de Importancia del Método Conesa para la evaluación de impactos del proyecto.

Actividad	Impactos	Atributos											I
		NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	
	Generación de inestabilidad del suelo y taludes	-1	4	4	4	4	3	1	4	4	4	4	-48
	Deforestación	-1	2	4	4	4	2	1	4	4	4	4	-41
	Pérdida de especies	-1	8	4	4	4	3	1	4	4	2	4	-58
	Alteración del hábitat	-1	8	4	4	4	3	1	4	4	4	4	-60

	Migración de especies	-1	8	4	4	4	3	2	4	4	4	4	-61
	Generación de empleo	1	2	2	4	1	1	1	1	4	2	1	25
	Afectación de vías	-1	1	1	4	1	3	1	4	4	1	4	-27
Terraceado Inicial	Incremento en la concentración de material particulado	-1	4	4	4	4	1	1	4	4	2	4	-44
	Incremento en los niveles normales de presión sonora	-1	2	4	4	2	1	1	1	4	2	1	-30
	Incremento en la concentración de gases contaminantes	-1	2	2	3	2	1	1	1	4	2	4	-28
	Sedimentación de cuerpos de agua	-1	4	4	4	4	3	2	4	4	4	4	-49
	Pérdida de suelo por descapote	-1	2	4	4	2	2	1	4	4	4	4	-39
	Erosión	-1	2	4	4	4	1	1	4	4	4	4	-40
	Cambios en la composición del suelo	-1	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	-49
	Generación de inestabilidad del suelo y taludes	-1	1	4	4	2	1	1	1	4	2	4	-30
	Deforestación	-1	2	4	4	4	2	1	4	4	4	4	-41
	Pérdida de especies	-1	8	4	4	4	3	1	4	4	2	4	-58
	Alteración del hábitat	-1	8	4	4	4	3	1	4	4	4	4	-60
	Migración de especies	-1	8	4	4	4	3	2	4	4	4	4	-61
	Generación de empleo	1	2	2	4	1	1	1	1	4	2	1	25
Arranque y carga	Incremento en la concentración de material particulado	-1	8	4	4	4	2	1	4	4	4	4	-59
	Incremento en los niveles normales de presión sonora	-1	4	4	4	3	1	2	4	4	4	4	-46
	Incremento en la concentración de gases contaminantes	-1	4	4	4	2	1	1	4	4	2	4	-42
	Pérdida de suelo por descapote	-1	8	2	4	4	3	2	4	4	2	4	-55
	Erosión	-1	8	2	4	4	3	2	4	4	2	4	-55
	Cambios en la composición del suelo	-1	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	-49
	Generación de inestabilidad del suelo y taludes	-1	4	2	4	4	3	2	4	4	4	4	-45
	Alteración del hábitat	-1	8	4	4	4	3	1	4	4	4	4	-60
	Migración de especies	-1	8	4	4	4	3	2	4	4	4	4	-61
	Generación de empleo	1	2	2	4	1	1	1	1	4	2	1	25
	Cambios en las costumbres	-1	2	1	2	2	2	2	4	4	2	4	-30
	Afectación de viviendas	-1	2	1	1	4	4	1	4	4	4	4	-34



	Afectación de vías	-1	1	1	4	1	3	1	4	4	1	4	-27
--	--------------------	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

Tabla 7. Matriz de Importancia del Método Conesa para la evaluación de impactos del proyecto.

Actividad	Impactos	Atributos											I
		NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	
Zarandeo	Incremento en la concentración de material particulado	-1	8	4	4	2	2	1	4	4	2	4	-55
	Incremento en los niveles normales de presión sonora	-1	2	1	4	2	1	1	4	4	2	4	-30
	Incremento en la concentración de gases contaminantes	-1	2	2	2	2	1	1	4	4	2	4	-30
	Alteración del hábitat	-1	8	4	4	4	3	1	4	4	4	4	-60
	Migración de especies	-1	8	4	4	4	3	2	4	4	4	4	-61
	Generación de empleo	1	2	2	4	1	1	1	1	4	2	1	25
Transporte interno	Incremento en la concentración de material particulado	-1	2	2	4	2	1	1	4	4	2	4	-32
	Incremento en los niveles normales de presión sonora	-1	2	2	4	2	1	1	4	4	2	4	-32
	Incremento en la concentración de gases contaminantes	-1	2	2	2	2	1	1	4	4	2	4	-30
	Sedimentación de cuerpos de agua	-1	1	1	1	2	1	1	4	4	2	4	-24
	Cambios en la composición del suelo	-1	2	2	2	2	2	1	4	4	2	4	-31
	Alteración del hábitat	-1	1	1	2	2	4	1	4	4	4	4	-30
	Migración de especies	-1	1	1	2	2	3	1	4	4	4	4	-29
	Generación de empleo	1	2	2	4	1	1	1	1	4	2	1	25
	Afectación de vías	-1	4	1	1	4	3	1	4	4	4	4	-39
Transporte externo	Incremento en la concentración de material particulado	-1	2	2	4	2	1	1	4	4	2	4	-32
	Incremento en los niveles normales de presión sonora	-1	2	2	4	2	1	1	4	4	2	4	-32
	Incremento en la concentración de gases contaminantes	-1	2	2	2	2	1	1	4	4	2	4	-30
	Sedimentos de cuerpos de agua	-1	2	4	1	2	3	1	4	4	2	4	-35
	Alteración del hábitat	-1	1	1	2	2	4	1	4	4	4	4	-30

	Migración de especies	-1	1	1	2	2	3	1	4	4	4	4	-29
	Generación de empleo	1	2	2	4	1	1	1	1	4	2	1	25
	Afectación de viviendas	-1	2	4	1	2	3	2	4	4	2	4	-36
	Afectación de vías	-1	4	1	1	4	3	1	4	4	4	4	-39
Acopio de mineral y estéril	Incremento en la concentración de material particulado	-1	4	1	2	2	2	1	4	4	2	4	-35
	Incremento en los niveles normales de presión sonora	-1	2	1	4	2	1	1	4	4	2	4	-30
	Incremento en la concentración de gases contaminantes	-1	1	2	4	2	1	1	1	4	2	4	-26
	Sedimentos de cuerpos de agua	-1	1	1	1	2	2	1	4	4	2	4	-25
	Deforestación	-1	2	1	4	2	3	2	4	4	2	4	-33
	Pérdida de especies	-1	4	2	4	2	2	1	4	4	2	4	-39
	Alteración del hábitat	-1	1	1	2	2	4	1	4	4	4	4	-30
	Migración de especies	-1	1	1	2	2	3	1	4	4	4	4	-29
	Generación de empleo	1	2	2	4	1	1	1	1	4	2	1	25

Tabla 7. Matriz de Importancia del Método Conesa para la evaluación de impactos del proyecto.

Actividad	Impactos	Atributos											I
		NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	
Beneficio y transformación	Incremento en la concentración de material particulado	-1	4	1	4	2	1	1	4	4	2	4	-36
	Incremento en los niveles normales de presión sonora	-1	2	1	4	2	1	1	4	4	2	4	-30
	Incremento en la concentración de gases contaminantes	-1	2	1	4	2	1	2	4	4	2	4	-31
	Alteración del hábitat	-1	1	1	2	2	4	1	4	4	4	4	-30
	Migración de especies	-1	1	1	2	2	3	1	4	4	4	4	-29
	Generación de empleo	1	2	2	4	1	1	1	1	4	2	1	25
Reforestación	Cambios en la disponibilidad de agua superficial	1	2	4	1	4	3	2	4	1	4	4	37
	Cambios en la composición del suelo	1	4	4	1	4	3	2	4	1	4	4	43
	Alteración por introducción de especies alóctonas	-1	4	4	2	4	3	2	4	4	4	4	-47
	Alteración del hábitat	1	2	4	1	4	3	2	4	1	4	4	37

Repoblación de especies	1	2	4	1	4	3	1	4	1	4	4	36
Generación de empleo	1	2	2	4	1	1	1	1	4	2	1	25

Fuente: Elaboración propia.

### 7.6. Análisis de la matriz de evaluación de impactos ambientales

En este apartado se analizan las distintas actividades del proyecto y sus impactos de acuerdo a los atributos evaluados en la matriz y el valor obtenido de importancia en cada uno, con la finalidad de enfatizar los impactos de mayor severidad y posteriormente orientar de forma eficaz las medidas de mitigación y control con el fin de disminuir los efectos a niveles controlables.

**Desmonte:** en esta actividad, se tiene que los primeros impactos correspondientes a Incremento en los niveles normales de presión sonora, Incremento en la concentración de gases contaminantes, Sedimentación de cuerpos de agua, Erosión, Generación de inestabilidad del suelo y taludes y afectación de vías, se presentan valores de importancia entre el rango de 25 y 50, calificando como impactos moderados. Esto responde a que en esta etapa del proyecto los impactos no generan una alteración considerable que no pueda ser controlada con medidas mitigantes o preventivas. En el caso del impacto de generación de empleo se presenta como positivo ya que es considerado como un beneficio para las personas que viven cerca de la empresa, originando fuentes de trabajo.

Ahora bien, los impactos: desforestación, pérdida de especies, alteración del hábitat y migración de especies, tienen valores que van entre 50 y 75, calificando como severos. Dichos impactos ameritan la aplicación de las medidas de mitigación y control con la finalidad de disminuir su importancia.

**Descapote:** en el desarrollo de esta actividad los impactos: Incremento en los niveles normales de presión sonora, Cambios en la composición del suelo y afectación de vías corresponden a impactos moderados, debido a que el descapote es una actividad temporal. De

nuevo la Generación de empleo representa un impacto positivo ya que es favorable para la economía de las comunidades cercanas a la empresa.

Por otra parte se tiene que el impacto correspondiente al Incremento en la concentración de gases contaminantes es irrelevantes o compatibles con el ambiente debido a que dicha actividad no utiliza numerosas maquinarias que puedan generar una cantidad considerable de gases, sin embargo el incremento en la concentración de material particulado califica como severo debido a la remoción de tierra importante en grandes extensiones de terreno.

Dentro de los impactos más severos producidos por el descapote, figuran los que afectan al medio suelo, siendo: la erosión, la pérdida de suelo, la sedimentación de cuerpos de agua, así como la generación de inestabilidad de suelos y taludes y como impactos derivados severos la alteración de hábitat y la migración de especies. Cabe destacar que el descapote es una actividad con un impacto irreversible aun y cuando se apliquen posteriores medidas correctivas, ya que una vez se haya quitado la capa superficial del suelo, aunque se almacene y se vuelva a colocar, es difícil recuperar las condiciones originales en las que se encontraba el lugar.

**Construcción de vías:** en esta actividad se tiene que los impactos: Incremento en la concentración de material particulado, Incremento en los niveles normales de presión sonora, Incremento en la concentración de gases contaminantes, Sedimentación de cuerpos de agua, Pérdida de suelo por descapote, Erosión, Cambios en la composición del suelo, Generación de inestabilidad del suelo y taludes, Deforestación, Deforestación y Afectación de vías, presentan un rango de valores que esta entre 25 a 50 considerado como impactos moderados.

Por otra parte se tiene que el impacto correspondiente al Incremento en la concentración de sustancias contaminantes en el agua superficial presenta un valor que lo cataloga como

irrelevante o compatible con el ambiente debido a que dicha actividad se presenta en un tiempo determinado y es de carácter puntual.

Los impactos: Pérdida de especies, Alteración del hábitat, Migración de especies y Afectación de vías son severos, debido a que el impacto en este punto está alterando notablemente el ecosistema y solo con un proceso de mitigación permanente se tendrá a largo plazo una recuperación la cual será de manera parcial.

**Terraceado Inicial:** se presentan los impactos: Incremento en la concentración de material particulado, Incremento en los niveles normales de presión sonora, Incremento en la concentración de gases contaminantes, Sedimentación de cuerpos de agua, Pérdida de suelo por descapote, Erosión, Cambios en la composición del suelo, Generación de inestabilidad del suelo y taludes, Deforestación y Generación de empleo, todos de importancia moderada. Además en esta actividad se tiene como impacto positivo el indicador de generación de empleo por ser este un factor económico que activa fuente de trabajo por la empresa.

Luego tenemos los impactos que se encuentran en el rango de 50 a 75 que son tomados como impacto severos, siendo: Pérdida de especies, Alteración del hábitat y Migración de especies, esto indica que el impacto ambiental se presenta con más afectación para contrarrestar esta secuela se debe implementar las medidas mitigantes para disminuir a mediano plazo tal efecto.

**Arranque y carga:** en esta etapa se tienen como impactos de importancia severa el Incremento en la concentración de material particulado, Pérdida de suelo por descapote, Erosión, Alteración del hábitat y Migración de especies. Cabe destacar que como se mencionó en el apartado de actividades, para el arranque se utilizan explosivos, los cuales generan impactos importantes en el área de influencia directa e indirecta y para las operaciones de carga de material se utiliza maquinaria pesada. Como impactos intermedios se tienen los incrementos en

los niveles de presión sonora y de gases contaminantes, cambios en la composición del suelo y generación de inestabilidad de taludes, mayormente en las actividades de arranque.

**Zarandeo:** no es una actividad que genera gran número de impactos severos, resaltando el incremento en la concentración de material particulado, la alteración de hábitat y la migración de especies, considerando que no se utiliza maquinaria importante más que los camiones que descargan material sobre la zaranda. Como impactos moderados se tienen: Incremento en los niveles normales de presión sonora e Incremento en la concentración de gases contaminantes.

También se encuentra el indicador de Generación de empleo el cual también se presenta positivo por ser un aspecto que puede crear fuente de trabajo.

**Transporte interno:** no es una actividad que presenta impactos de importancia severa, sin embargo resaltan algunos de importancia moderada en los cuales será necesaria la aplicación de medidas de mitigación para que a los plazos estimados se tengan alcances significativos, entre estos se tienen el Incremento en la concentración de material particulado, Incremento en los niveles normales de presión sonora, Incremento en la concentración de gases contaminantes, Cambios en la composición del suelo, Alteración del hábitat, Migración de especies y Afectación de vías.

Así mismo se tiene el indicador de Sedimentación de cuerpos de agua el cual se presenta con un valor de -24 este es Inferior a 25 por lo tanto son irrelevantes o compatibles con el ambiente.

**Transporte externo:** al igual que el transporte interno, no genera impactos severos sobre el medio, sin embargo es necesario atender los impactos moderados, encontrándose entre ellos: Incremento en la concentración de material particulado, Incremento en los niveles normales de presión sonora, Incremento en la concentración de gases contaminantes, Sedimentos de cuerpos

de agua, Alteración del hábitat, Migración de especies, Afectación de viviendas y Afectación de vías.

**Acopio de mineral y estéril:** no genera impactos severos, sin embargo resaltan los siguientes impactos moderados: Incremento en la concentración de material particulado, Incremento en los niveles normales de presión sonora, Incremento en la concentración de gases contaminantes, Sedimentos de cuerpos de agua, Deforestación, Migración de especies, pérdida de especies y Alteración del hábitat. Es de hacer notar que el impacto Pérdida de especies es el que presenta un valor más alto el corresponde a la pérdida de la vegetación o lo que se traduce a la alteración del ecosistema o el hábitat de las especie que son autóctonas de esta zona.

**Beneficio y transformación:** en estas actividades todos los impactos se mantienen en el rango de importancia moderada, resaltando el Incremento en la concentración de material particulado, Incremento en los niveles normales de presión sonora, Incremento en la concentración de gases contaminantes, Alteración del hábitat y Migración de especies. Ahora bien, el incremento en la concentración de material particulado corresponde al valor más alto debido a que es el mayor impacto generado por las actividades de la trituradora. Cabe recordar que para la transformación y obtención del producto final que corresponde a la arena, no se utilizan procesamientos químicos ni otro tipo de maquinaria por lo que el impacto al medio en estas acciones es bajo a moderado.

**Reforestación:** esta actividad genera impactos positivos y de importancia moderada como el Cambios en la disponibilidad de agua superficial (aumento), Cambios favorables en la composición del suelo, Alteración del hábitat (mejoramiento de las condiciones para la introducción de especies), Repoblación de especies y generación de empleo. Como único impacto negativo se determinó la alteración por introducción de especies alóctonas, ya que si no

se estudian previamente las especies forestales propias del medio y se introducen especies ajenas, se puede generar un desequilibrio ambiental.

Además se tiene en esta actividad el indicador de generación de empleo, el cual en este caso debe ser orientado a la contratación de personal altamente calificado y especializado en la materia de reforestación como en el campo de los estudios ambientales conservación y control de ecosistemas, de esto dependerá el éxito de las medidas y la mitigación para la recuperación y mejora del medio ambiente.

De forma general del análisis de la matriz se puede deducir que al poner en marcha las actividades del proyecto desde la primera hasta la última etapa, se genera una alteración progresiva del medio ambiente, ya que desde su inicio se produce un desequilibrio del ecosistema y posteriormente los impactos se van acumulando y/o haciéndose sinérgicos entre sí, observándose que algunos son puntuales y que pueden ser reversibles a través de la aplicación de las correctas medidas de mitigación y corrección. Para ello es imprescindible la supervisión y un monitoreo continuo que garantice que las medidas tomadas son efectivas, ya que de lo contrario será necesario reorientarlas.

### **7.7. Medidas de prevención, control y mitigación de los impactos ambientales**

La propuesta de medidas para el manejo de los impactos ambientales es una de las partes más importantes de un estudio de impacto ambiental, al respecto Garmendia et al. (2005) expresan:

El objetivo de una evaluación de impacto ambiental es prevenir y corregir los efectos negativos que la realización de la actividad pueda tener para el medio ambiente, para lo que se estudian las medidas preventivas, protectoras, correctoras y compensatorias con el fin de eliminar, atenuar, evitar, reducir, corregir o compensar los efectos negativos que las acciones que se derivan del proyecto



producen sobre el medio ambiente, así como aumentar, mejorar y potenciar los efectos positivos (Garmendia et al., 2005, p. 287).

Según la forma de actuación de la medida, estas pueden clasificarse en:

***Medidas protectoras o preventivas:*** “aquéllas que evitan la aparición de un efecto ambiental negativo, bien sea mediante un diseño adecuado, mejorando la tecnología, trasladando la localización de toda la obra o la ubicación adecuada de sus elementos” (Garmendia et al., 2005, p. 292). Por ejemplo, humedecer el terreno antes de removerlo para evitar la generación de material particulado.

***Medidas correctoras o mitigantes:*** “aquéllas que al modificar las acciones o los efectos consiguen anular, corregir, atenuar un impacto recuperable, bien sea mejorando un proceso productivo o sus condiciones de funcionamiento, como los filtros para evitar emisiones contaminantes, o insonorizaciones para evitar ruidos” (Garmendia et al., 2005, p. 292).

***Medidas compensatorias:*** “las que ni evitan, ni atenúan, ni anulan la aparición de un efecto negativo, pero contrarrestan la alteración del factor al realizar acciones con efectos positivos que compensan los impactos negativos que no es posible corregir disminuyendo el impacto final...” (Garmendia et al., 2005, p. 292). Un ejemplo claro de este tipo de medidas es la reforestación. De acuerdo a la evaluación de impactos realizada en el apartado anterior, en la Tabla 8, se presenta las medidas de prevención, control, mitigación y compensación, propuestas para actuar ante los impactos generados por cada actividad.



*Tabla 8. Medidas de prevención, control y mitigación de impactos.*

Actividad	Impactos Ambientales	Medidas
Desmante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento en los niveles normales de presión sonora</li> <li>- Incremento en la concentración de gases contaminantes</li> <li>- Sedimentación de cuerpos de agua</li> <li>- Erosión</li> <li>- Generación de inestabilidad del suelo y taludes</li> <li>- Deforestación</li> <li>- Pérdida de especies</li> <li>- Alteración del hábitat</li> <li>- Migración de especies</li> </ul>	<p><b>Prevención:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar la medición del área que se va desmontar para estimar el área total a intervenir.</li> <li>- Controlar la remoción de suelo y cobertura vegetal que se realice en el área seleccionada para la extracción de material.</li> <li>- Preservar especies que se encuentren bajo amenaza de extinción.</li> <li>- Establecer mediante planificación y adecuación de las actividades de desforestación.</li> <li>- Evitar en lo posibles cambios de pendiente de cauces naturales.</li> <li>- Tener previamente el sitio donde se va a acumular la materia vegetal a remover para evitar posible obstrucción de los drenajes naturales del suelo.</li> <li>- Reorganizar los arbustos, ramas y troncos de árboles de forma que se puede establecer un refugio temporal a las especies que se encuentre todavía en la zona de forma temporal.</li> </ul> <p><b>Control:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tener el seguimiento y supervisión en la cantidad de volumen del material final que fue removido en relación a la superficie intervenida, y seleccionar de esta material para usarlo como base para siembra y reforestación de la zona.</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecer las medidas de control de recuperación del área intervenida ya después del abandono final de la explotación de esta zona para adecuar con reforestación dicha zona.</li> <li>- Revisión del inventario que se tiene para seleccionar tipo de follaje, flora y fauna autóctona para el inicio de recuperación de la zona.</li> <li>- Seguimiento de las medidas de control mitigación y supervisión contando con personal capacitado y entrenado con el fin de alcanzar el éxito del programa.</li> <li>- Establecer un plan de mantenimiento continuo en las maquinarias para evitar daños al suelo por fugas de combustibles y aditivos.</li> </ul> <p><b>Mitigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selección de material removido para ser usado como base y obtener un material fértil adecuado para la recuperación y regeneración del suelo.</li> <li>- Estudiar de ser necesario la reubicación de especies autóctonas.</li> </ul>
--	--	---

*Tabla 8. Medidas de prevención, control y mitigación de impactos.*

Actividad	Impactos Ambientales	Medidas
Descapote	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento en la concentración de material particulado</li> <li>- Incremento en los niveles normales de presión sonora</li> <li>- Incremento en la concentración de gases contaminantes</li> <li>- Sedimentación de cuerpos de agua</li> <li>- Pérdida de suelo por descapote</li> <li>- Erosión</li> </ul>	<p><b>Prevención:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparación del área que se va a realizar el descapote revisión de los drenajes naturales para evitar daños o alteración del mismo.</li> <li>- Evitar que el agua de lluvia con posibles sedimentos impacte a los cuerpos de agua.</li> <li>- Estimar las pendientes del talud para evitar aquellas que favorezcan la erosión.</li> </ul> <p><b>Control:</b></p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambios en la composición del suelo</li> <li>- Generación de inestabilidad del suelo y taludes</li> <li>- Alteración del hábitat</li> <li>- Migración de especies</li> <li>- Afectación de vías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En el proceso extracción y de transformación de los materiales obtenidos llevar una supervisión con la finalidad de no afectar los curso de agua aledañas.</li> <li>- Diseño y construcción de mecanismos de drenajes para el control de sedimento que se va a generar por la actividad</li> </ul> <p><b>Mitigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Selección de material removido para ser usado como base y obtener un material fértil adecuado para la recuperación y regeneración del suelo.</li> </ul>
Construcción de vías	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento en la concentración de material particulado</li> <li>- Incremento en los niveles normales de presión sonora</li> <li>- Incremento en la concentración de gases contaminantes</li> <li>- Incremento en la concentración de sustancias contaminantes en el agua superficial</li> <li>- Sedimentación de cuerpos de agua</li> <li>- Pérdida de suelo por descapote</li> <li>- Erosión</li> <li>- Cambios en la composición del suelo</li> <li>- Generación de inestabilidad del suelo y taludes</li> <li>- Deforestación</li> <li>- Pérdida de especies</li> <li>- Alteración del hábitat</li> <li>- Migración de especies</li> <li>- Generación de empleo</li> </ul>	<p><b>Prevención:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar que se generen movimientos de masas por el trazado de la construcción de vías.</li> <li>- Evitar daños a los drenajes en las cercanías del trazado de la vía.</li> <li>- Prevenir los derrames de combustible y aditivos químicos.</li> </ul> <p><b>Control:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñar estructuras de control para el drenaje como cunetas.</li> <li>-</li> </ul> <p><b>Mitigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar de riego para controlar la concentración de partículas en el aire.</li> <li>- Mantener las revisiones de las maquinarias para minimizar la pérdida de combustible.</li> <li>- Supervisar la contaminación sónica y poder llevar el control por el horario de la actividad para que en la comunidad no se afecte por la faena que se desarrolla.</li> </ul>

	- Afectación de vías	
--	----------------------	--

*Tabla 8. Medidas de prevención, control y mitigación de impactos.*

Actividad	Impactos Ambientales	Medidas
Terraceado Inicial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento en la concentración de material particulado</li> <li>- Incremento en los niveles normales de presión sonora</li> <li>- Incremento en la concentración de gases contaminantes</li> <li>- Sedimentación de cuerpos de agua</li> <li>- Pérdida de suelo por descapote</li> <li>- Erosión</li> <li>- Cambios en la composición del suelo</li> <li>- Generación de inestabilidad del suelo y taludes</li> <li>- Deforestación</li> <li>- Pérdida de especies</li> <li>- Alteración del hábitat</li> <li>- Migración de especies</li> <li>- Generación de empleo</li> </ul>	<p><b>Prevención:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prevenir la alteración del hábitat en áreas vecinas a la zona de trabajo para evitar la pérdida de especies y llevar un control de la migración de las mismas.</li> <li>- Estudiar las pendientes a modificar para prevenir los movimientos de masas.</li> </ul> <p><b>Control:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñar un programa para llevar el control de la deforestación y llevar un plan de reubicación de la fauna para mitigar la migración.</li> <li>- Diseñar estrategias para prevenir la sedimentación de cuerpos de agua por la remoción de material y la erosión de taludes posterior al terraceo.</li> <li>- Construcción de estructuras de drenaje de agua.</li> </ul> <p><b>Mitigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimizar la afectación de los paisajes y ecosistemas aledaños a la zona de trabajo.</li> <li>- Minimizar la migración de la fauna.</li> </ul>
Arranque y carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento en la concentración de material particulado</li> <li>- Incremento en los niveles normales de presión sonora</li> </ul>	<p><b>Prevención:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prevenir que en esta actividad se originen pendiente que provoquen erosión por efecto de lluvias y arrastre de sedimentos a los afluentes.</li> <li>- Evitar la suspensión de partículas al aire por el arranque de material.</li> <li>- Supervisar que no se arranque en zonas fuera de la delimitada.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento en la concentración de gases contaminantes</li> <li>- Pérdida de suelo por descapote</li> <li>- Erosión</li> <li>- Cambios en la composición del suelo</li> <li>- Generación de inestabilidad del suelo y taludes</li> <li>- Alteración del hábitat</li> <li>- Migración de especies</li> <li>- Cambios en las costumbres</li> <li>- Afectación de viviendas</li> <li>- Afectación de vías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuar con el control de la migración de especies.</li> </ul> <p><b>Control:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantear por medio de trazado la pendiente que se debe dejar durante el arranque.</li> <li>- Continuar con el programa para llevar el control de la deforestación y llevar un plan de reubicación de la fauna para mitigar la migración.</li> </ul> <p><b>Mitigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riego de agua en la zona que se realice el arranque para evitar el aumento de partículas en suspensión.</li> <li>- Iniciar la recuperación y reforestación de las zonas que ya no están siendo explotadas.</li> </ul>
--	---	--

*Tabla 8. Medidas de prevención, control y mitigación de impactos.*

Actividad	Impactos Ambientales	Medidas
Zarandeo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento en la concentración de material particulado</li> <li>- Incremento en los niveles normales de presión sonora</li> <li>- Incremento en la concentración de gases contaminantes</li> <li>- Alteración del hábitat</li> <li>- Migración de especies</li> </ul>	<p><b>Prevención:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar el incremento de partículas en el aire a través del riego.</li> <li>- Prevenir posible incremento de contaminación sónica.</li> <li>- Evitar derrames de combustibles de la maquinaria.</li> </ul> <p><b>Control:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuar con el programa para llevar el control de la deforestación y llevar un plan de reubicación de la fauna para mitigar la migración.</li> <li>- Mantenimiento constante de la zaranda.</li> </ul>

		<b>Mitigación:</b> - Uso de filtros y mantenimiento preventivo de la maquinaria para minimizar la concentración de gases contaminantes.
Transporte interno	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento en la concentración de material particulado</li> <li>- Incremento en los niveles normales de presión sonora</li> <li>- Incremento en la concentración de gases contaminantes</li> <li>- Sedimentación de cuerpos de agua</li> <li>- Cambios en la composición del suelo</li> <li>- Alteración del hábitat</li> <li>- Migración de especies</li> <li>- Generación de empleo</li> <li>- Afectación de vías</li> </ul>	<b>Prevención:</b> - Evitar los derrames de combustible así como como el cambio de la ruta trazada para no provocar nuevos daños en la zona. - Impedir compactación por el peso de carga en áreas que se tengan para la recuperación de suelos.  <b>Control:</b> - Diseñar un programa para llevar el control permanente de mantenimiento en la maquinaria para evitar derrames de combustible en el suelo. - Mantener planes constantes de revisión de los drenajes naturales que atraviesan las vialidades para controlar posibles cambios en la cantidad y calidad del agua. - Si es necesario el cambio de la ruta se debe remover el suelo compactado por el peso de la maquinaria con el fin de se active la capilaridad del suelo y permita nuevo follaje.  <b>Mitigación:</b> - Uso de filtros y mantenimiento preventivo de la maquinaria para minimizar la concentración de gases contaminantes. - Disminuir los niveles de ruido de las volquetas.



Tabla 8. Medidas de prevención, control y mitigación de impactos.

Actividad	Impactos Ambientales	Medidas
Transporte externo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento en la concentración de material particulado</li> <li>- Incremento en los niveles normales de presión sonora</li> <li>- Incremento en la concentración de gases contaminantes</li> <li>- Sedimentos de cuerpos de agua</li> <li>- Alteración del hábitat</li> <li>- Migración de especies</li> <li>- Generación de empleo</li> <li>- Afectación de viviendas</li> <li>- Afectación de vías</li> </ul>	<p><b>Prevención:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar molestia en la población durante la actividad de transporte por aumento de ruidos, derrame de combustible y lubricantes por fugas en las máquinas.</li> <li>- Impedir el tráfico de transporte de carga en horas de salida de colegios para evitar accidentes.</li> <li>- Respetar el peso de carga permitido para evitar el deterioro de la vialidad.</li> </ul> <p><b>Control:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseñar un programa para informar a la comunidad de la actividad que se va a realizar y llevar una comunicación para tener información y opinión de la comunidad.</li> <li>- Establecer horarios de trabajo que sean del conocimiento de la comunidad para evitar obstrucción del tránsito.</li> <li>- Mantener revisión continua de la vialidad para realizar reparaciones oportunas por daños referentes al transporte de carga desde la mina.</li> </ul> <p><b>Mitigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimizar los impacto con el control supervisión monitoreo en toda la actividad.</li> </ul>
Acopio de mineral y estéril	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento en la concentración de material particulado</li> </ul>	<p><b>Prevención:</b></p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento en los niveles normales de presión sonora</li> <li>- Incremento en la concentración de gases contaminantes</li> <li>- Sedimentos de cuerpos de agua</li> <li>- Deforestación</li> <li>- Pérdida de especies</li> <li>- Alteración del hábitat</li> <li>- Migración de especies</li> <li>- Generación de empleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar la acumulación de material en zonas previstas para la recuperación.</li> <li>- Prevenir que el material acumulado no genere obstrucción de canales y drenajes naturales.</li> <li>- Evitar la acumulación en áreas que genere alteración del paisaje natural.</li> </ul> <p><b>Control:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar la construcción de estructuras para controlar los sedimentos y sistema de drenaje de área para esta actividad.</li> </ul> <p><b>Mitigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimizar el impacto al paisajismo mediante reforestación y adecuación de este material acumulado.</li> <li>- Minimizar el transporte de sedimento así el cuerpo de agua el cual puede afectar el comportamiento del caudal.</li> </ul>
--	---	--

*Tabla 8. Medidas de prevención, control y mitigación de impactos.*

Actividad	Impactos Ambientales	Medidas
Beneficio y transformación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incremento en la concentración de material particulado</li> <li>- Incremento en los niveles normales de presión sonora</li> <li>- Incremento en la concentración de gases contaminantes</li> <li>- Alteración del hábitat</li> <li>- Migración de especies</li> </ul>	<p><b>Prevención:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar el incremento de partículas en el aire a través del riego.</li> <li>- Prevenir posible incremento de contaminación sónica.</li> <li>- Evitar derrames de combustibles de la maquinaria.</li> <li>- Prevenir que el tratamiento del material no produzca daños a cuerpo de agua.</li> </ul> <p><b>Control:</b></p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación de empleo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar los controles en el uso de equipo en el personal, como también tener revisión la contaminación sónica.</li> </ul> <p><b>Mitigación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de filtros y mantenimiento preventivo de la maquinaria para minimizar la concentración de gases contaminantes.</li> <li>- Disminuir los niveles de ruido de las volquetas.</li> </ul>
Reforestación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cambios en la disponibilidad de agua superficial</li> <li>- Cambios en la composición del suelo</li> <li>- Alteración por introducción de especies alóctonas</li> <li>- Alteración del hábitat</li> <li>- Repoblación de especies</li> <li>- Generación de empleo</li> </ul>	<p><b>Prevención:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reforestar empleando especies autóctonas previo estudio de las condiciones de vegetación originales.</li> </ul> <p><b>Control</b></p> <p>Diseñar un programa para llevar el control de la deforestación y llevar un plan de reubicación de la fauna autóctona para establecer un cambio progresivo en el hábitat que se quiere recuperar.</p>

Fuente: Elaboración propia.

## 8. CONCLUSIONES

**8.1** En todo estudio de impacto ambiental es necesario y de suma importancia el conocimiento de las actividades que constituyen un proyecto para posteriormente poder evaluar los impactos potenciales que estas pueden generar. En el caso de estudio, el proyecto ya se encuentra en ejecución, es decir, la empresa ha estado realizando el aprovechamiento del mineral desde hace varios años, por lo que fue preciso realizar dicha evaluación in situ. En tal sentido, a través de las visitas de campo a la Mina San Pedro de Tocancipá fue posible conocer a detalle las actividades que lleva a cabo la empresa y la manera en que estas pueden incidir en la calidad ambiental de las áreas afectadas, permitiendo identificar los procesos y acciones que se realizan antes, durante y después de la explotación y aprovechamiento del material extraído. Con base en esta información se pudieron sintetizar dichas actividades en: desmonte, descapote, terraceado inicial, construcción de vías, arranque y carga, zarandeo, transporte interno, transporte externo, acopio de mineral y estéril, beneficio y transformación y reforestación.

Normalmente los estudios de impacto ambiental se realizan en la fase preproyecto, esto con el objetivo de proponer y tomar las respectivas medidas preventivas, mitigantes y correctivas referentes a cada impacto que se prevé con la realización de las actividades del proyecto, sin embargo, en el caso analizado, y como se mencionó anteriormente, el proyecto ya se está ejecutando y en la revisión de la documentación de la empresa, existe un estudio de impacto ambiental generalizado y poco detallado por lo que surgía la necesidad de actualizar la información y evaluar los nuevos impactos que no se habían tomado en cuenta antes de la explotación, ya que como se sabe el ambiente es dinámico así como las acciones de un proyecto determinado.

**8.2** Una vez analizadas las actividades de la empresa, se realizó la identificación de los impactos a través de una lista de chequeo simple, en la cual se contrastaron en una tabla de doble entrada las actividades con los factores ambientales susceptibles a ser afectados y los impactos esperados, con lo que se puntualizaron los impactos ambientales que en la mayoría de las actividades son comunes y en otras se pudo observar impactos específicos, haciendo la salvedad de que a pesar de tener el mismo nombre, pueden afectar de manera diferente al ambiente.

Para determinar el grado real de afectación al ambiente, se realizó la evaluación de impactos con la construcción de la matriz de Importancia recomendada por la metodología Conesa, destacando que según los antecedentes revisados este método es el más usado en Colombia. En tal sentido, se valoraron cualitativamente los impactos, clasificándolos de acuerdo a su grado de importancia, atendiendo a diferentes atributos en cada impacto y obteniendo una aproximación ponderada permitiendo determinar los impactos positivos y negativos del proyecto así como el grado de importancia de cada uno de ellos. De esta manera se determinó que, de manera general los impactos de mayor importancia o severidad en la explotación corresponden a: Deforestación, Pérdida de especies, Alteración del hábitat, Migración de especies, Incremento en la concentración de material particulado, Sedimentación de cuerpos de agua, Pérdida de suelo por descapote, Erosión y Generación de inestabilidad del suelo y taludes. Dichos impactos son comunes en varias actividades y actúan con diferente intensidad y extensión.

**8.3** Se observó que la empresa cuenta con un Plan de Manejo Ambiental en el que se estipulan una serie de medidas que no se están aplicando actualmente, por lo que a través del presente estudio se realizó la propuesta de una serie de medidas con base a las actividades y la evaluación de impactos ambientales realizada, tomando en cuenta medidas de prevención, control y mitigación, que deben actuar sobre dichos impactos para evitar, controlar y reducir su

efecto. Los resultados de la aplicación de dichas medidas se podrán observar a corto, mediano y largo plazo según la ejecución de la misma.

Así mismo, se concluye que la empresa actualmente no lleva una supervisión de las medidas ejecutadas en el Plan de Manejo Ambiental, por lo que los impactos ambientales van aumentando su intensidad y extensión a medida que se realiza la explotación, al mismo tiempo que la empresa está expuesta a sanciones y a la aplicación de medidas legales que pueden interrumpir sus operaciones.

## **9. RECOMENDACIONES**

- 9.1** Crear dentro de la empresa una unidad de profesionales en el área ambiental, que se encarguen del control de los impactos ambientales y las medidas en pro del mejoramiento del ambiente y por ende de las actividades que lleva a cabo la empresa.
- 9.2** Realizar estudios de línea base ambientales para mejorar el conocimiento del inventario ambiental actual.
- 9.3** Concientizar a todo el personal de la mina sobre la importancia del medio ambiente y su preservación.
- 9.4** Aplicar las medidas ambientales propuestas en este trabajo, a través de la creación de planes conformados por programas de recuperación ambiental y que estos sean susceptibles de ser aplicados en otras empresas de la zona dedicadas a la minería.
- 9.5** Incluir a las comunidades aledañas al área de influencia de la explotación, en los planes de supervisión y recuperación ambiental.
- 9.6** Divulgar los avances en los programas ambientales llevados a cabo por la empresa, para fomentar el respeto al medio ambiente y la explotación sustentable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía de Tocancipá. (2015). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT Tocancipá 2015-2027*. Tocancipá. Obtenido de <http://www.tocancipa-cundinamarca.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionyControl/POT%20EN%20CONCERTACI%C3%93N.%20DTS%20Tocancip%C3%A11.pdf>
- Arenas Silíceas de Boyacá Ltda. (diciembre de 2011). *Estudio de impacto ambiental de la explotación de sílice en la mina Cayarú, ubicada en el Municipio de Togui*. Obtenido de DOCPLAYER: <https://docplayer.es/36141670-Estudio-de-impacto-ambiental-de-la-mina-de-silice-cayaru-arenas-siliceas-de-boyaca.html>
- Arévalo, É., y Camargo, S. (2011). *Evaluación del Impacto Ambiental asociado a la actividad de las gravilleras que operan en la vereda Río Frío, Municipio Tabio, Cundinamarca*. (tesis de grado). Universidad de la Salle, Bogotá D.C., Colombia.
- Arias, A. (2016). *Evaluación del impacto ambiental de la actividad minera de materiales de construcción, en el municipio de Cogua-Cundinamarca y su incidencia en el tratado internacional sobre biodiversidad firmado por Colombia (tesis de pregrado)*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia.
- Carter, N. (2007). Politics as if Nature Mattered. En A. Leftwich, *What is politics?: the activity and its study* (págs. 182-195). Oxford: Polity.
- Castellanos, L. (2011). *Impacto de la gestión ambiental en la rentabilidad financiera en microempresas industriales de la cabecera municipal de Palmira (tesis de maestría)*. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.
- Conesa Fernández-Vítora, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Contraloría de Cundinamarca. (2018). *Informe Diagnóstico Minero en Cundinamarca*. Bogotá: Contraloría de Cundinamarca.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2009). *Guía para la explotación, mitigación y recuperación de canteras* (Primera Edición ed.). Bogotá.
- Corporación Autónoma Regional del Tolima. (diciembre de 2008). *Estudio de impacto ambiental (EIA) Proyecto Mina El Pedregal*. Obtenido de CORTOLIMA:



[https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/edictos/EIA\\_ANTENOR\\_GONZALES.pdf](https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/edictos/EIA_ANTENOR_GONZALES.pdf)

- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. (2002). *Plan de Gestión ambiental Regional 2000-2012*. Obtenido de Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca: <https://www.cvc.gov.co/documentos/planes-y-programas>
- Cruz, H. (2006). *Estudio de factibilidad de la explotación de la cantera Caimital en el municipio de Turbaco (Bolívar), (tesis de pregrado)*. Universidad de La Salle, Bogotá D.C., Colombia.
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005). *Evaluación del Impacto Ambiental*. Madrid: Pearson Educación, S. A.
- Ministerio de Minas y Energía; Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. (s.f.). *Explotación de materiales de construcción. Canteras y material de arrastre*. Obtenido de Ministerio de Minas y Energía [MinMinas]: <https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/169095/EXPLORACION+DE+MATERIALES.pdf/fc129902-1523-4764-9a05-755e3bb7896e>
- Montes de Oca, A., Ulloa, M., Reyes, L., & Silot, A. (2018). Diagnóstico ambiental de la cantera Yarayabo Provincia Santiago de Cuba, Cuba. *Holos*, 1(34), 30-48.
- Némesis Asesores Ambientales S. C. (6 de marzo de 2002). *Estudio de impacto ambiental de la extracción de arena sílice en la mina a cielo abierto en el predio “Las Adelitas”, localidad Cruz Colorada, Municipio de Chignahuapan, Puebla, en México*. Obtenido de Sistema Nacional de Trámites (SINAT). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: <http://sinat.semarnat.gob.mx/dgiraDocs/documentos/pue/estudios/2006/21PU2006F0005.pdf>
- Pérez, T., y Sabogal, M. (2015). *Formulación de Estrategias de Manejo Ambiental para los impactos ambientales generados por procesos de minería a cielo abierto en el humedal Laguna de la Herrera (tesis de pregrado)*. Universidad Libre de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.
- Pomar, M., y Solano, C. (2016). *Análisis multitemporal y multiespectral para la elaboración del mapa de conflicto de uso del suelo por actividades mineras en la vereda Canavita del municipio de Tocancipá (tesis de pregrado)*. Universidad La Salle, Bogotá, D.C., Colombia.

- Resolución 00717 (Autoridad Nacional de licencias Ambientales - ANLA, 15 de mayo de 2018).
- Toca, C. (enero de 2011). Impacto ambiental empresarial y fallas de la acción pública: una realidad de las localidades bogotanas. *Argos*, 28(54), 244-269. Obtenido de Scielo: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0254-16372011000100010](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-16372011000100010)
- Toro, J., Martínez, R., & Arrieta, G. (2013). Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 4(2), 43-53.